

TEKNOLOGI PROSES PEMBUATAN BERAS ANALOG FUNGSIONAL

by Damat .

Submission date: 14-Oct-2020 08:59AM (UTC+0700)

Submission ID: 1414542706

File name: 9_Okt_2020_Final_Buku_Tek_Proses_Pembuatan_Beras_Analog.pdf (2.53M)

Word count: 18567

Character count: 110203



TEKNOLOGI PROSES PEMBUATAN BERAS ANALOG FUNGSIONAL

Oleh:
D. Damat
Anas Tain
Sri Winarsih
Devi Dwi Siskawardani
Ayu Rastikasari



SERI BUKU TEKNOLOGI TEPAT GUNA

SERI BUKU TEKNOLOGI TEPAT GUNA

TEKNOLOGI PROSES PEMBUATAN BERAS ANALOG FUNGSIONAL

D. Damat
Anas Tain
Dewi Dwi Siskawardani
Sri Winarsih
Ayu Rastikasari



Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang

TEKNOLOGI PROSES PEMBUATAN BERAS ANALOG FUNGSIONAL

Hak Cipta © Dr. Ir. D. Damat, MP, Dr. Ir. Anas Ta'in, MM., Sri Winarsih,
S.TP., MP., Devi Dwi Siskawardani, S.TP., M.Sc., Ayu
Rastikasari, S.TP., 2020

Hak Terbit pada UMM Press

Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang 65144
Telepon 0812 1612 6067, (0341) 464318 Psw. 140
Fax. (0341) 460435
E-mail: ummpress@gmail.com
<http://ummpress.umm.ac.id>
Anggota APPTI (Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia)

Cetakan Pertama, Oktober 2020

ISBN : 978-979-796-539-6
e-ISBN : 978-979-796-535-8

x; 82 hlm: 14,5 x 21 cm

Setting & Layout: AH. Riyantono
Desain cover: Sukma Maulana safitri
Editor: Sukma Maulana Safitri

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit. Pengutipan harap menyebutkan sumbernya.

**Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014
tentang Hak Cipta**

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

PRAKATA

Assalammu'alaikum wr wb.

Puji syukur kita atas ke hadirat Allah SWT, Dzat yang Maha Cipta, serta Dzat yang Maha Kuasa sehingga dengan kekuasaanNya lah Buku Seri Teknologi Tepat Guna dengan judul **“Teknologi Proses Pembuatan Beras Analog Fungsional”** dapat penulis selesaikan. Dengan selesainya buku ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian RisetDikti atas kesempatan dan dukungan pendanaan yang telah diberikan selama ini.
2. Bapak Rektor atas dukungan yang telah diberikan untuk menyelesaikan buku ini.
3. Bapak Direktur dan Wakil Direktur Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan bagi penulis untuk mendapatkan Skim Penelitian PTUPT Tahun Anggaran 2019-2021.

Beras analog merupakan salah jenis produk makanan hasil diversifikasi yang mulai dikenal masyarakat di Indonesia. Bahan utama untuk pembuatan beras analog adalah tepung umbi-umbian. Berasa analog diproduksi dengan tujuan diversi pangan, mengingat konsumsi beras penduduk Indonesia yang masih sangat tinggi. Disamping itu beras analog dibuat dengan tujuan sebagai salah satu jenis pangan fungsional sehingga dapat salah satu pilihan bagi mereka yang sudah terkena penyakit degeneratif.

Penyakit degeneratif merupakan jenis penyakit yang banyak dialami oleh sebagian penduduk di dunia, termasuk di Indonesia. Beberapa jenis penyakit degenaratif yang sangat ditakuti antara lain adalah kanker kolon, diabetes, dan stroke. Penyakit ini dapat dicegah atau dikurangi antara lain dengan pengaturan diet yang tepat. Salah satu cara adalah dengan mengkonsumsi makanan yang mengandung

serat pangan dan antioksidan. Salah satu jenis bahan pangan yang kaya serat pangan dan antioksidan adalah beras analog dari umbi-umbian yang diperkaya serat pangan dan antioksidan dari rumput laut.

Penulis menyadari bahwa buku teknologi tepat guna ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari para pembaca sangat kami harapkan.

Malang, Oktober 2020

Wassalam

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. BERAS ANALOG	5
BAB III. BAHAN BAKU BERAS ANALOG	7
BAB IV. TEKNIK PEMBUATAN BERAS ANALOG	33
BAB V. KANDUNGAN BERAS ANALOG	41
BAB VI. PENUTUP	61
DAFTAR PUSTAKA	63
GLOSARIUM	75
INDEKS	77
TENTANG PENULIS	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pati garut (a) (dokumentasi pribadi, 2018); Struktur granula pati garut di bawah Scanning Electron Microscope (SEM) pada pembesaran 500x (b) (Valencia, 2014)	13
Gambar 2. Buah naga Merah (a) (dokumentasi Pribadi, 2018); Daging Buah naga Merah (b) (Hutauruk, 2017)	17
Gambar 3. Wortel (Susanti, 2017)	19
Gambar 4. Tanaman Daun Kelor (Rajanandh dkk., 2012)	22
Gambar 5. Struktur Umum Flavonoid (Sudirman, 2014)	24
Gambar 6. Brokoli (dokumentasi pribadi)	25
Gambar 7. <i>Gracilaria</i> sp. (Othman dkk., 2015)	30
Gambar 8. Formulasi dan Pencampuran Adonan Beras Analog	35
Gambar 9. Proses Pengukusan Adonan Beras Analog Selama 30 Menit	36
Gambar 10. Proses Ekstrusi Beras Analog	38
Gambar 11. Histogram Kadar Air Beras Analog pada Perlakuan	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Klasifikasi Bahan pada Proses Ekstrusi	8
Tabel 2.	Perkiraan Kandungan Amilosa dan Amilopektin Pada Beberapa Jenis Pati	9
Tabel 3.	Komposisi Kimia Pati Garut dalam 100g Bahan	14
Tabel 4.	Komposisi Gizi Buah Naga Merah per 100 g	18
Tabel 5.	Komposisi zat gizi wortel per 100 g berat basah	20
Tabel 6.	Kandungan Gizi Brokoli dalam 100 gram	26
Tabel 7.	Komposisi Kimia <i>Gracilaria</i> sp.	32
Tabel 8.	Formulasi Komposisi Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Puree Buah Naga Merah dan Ekstrak Wortel	34
Tabel 9.	Formulasi Komposisi Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Brokoli dan Ekstrak Daun Kelor	34
Tabel 10.	Formulasi Komposisi Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Rumput Laut dan Rempah	35
Tabel 11.	Rerata Kadar Air Beras Analog pada Perlakuan Persentase Sumber Antioksidan	42
Tabel 12.	Komposisi Kimia Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Puree Buah Naga Merah dan Ekstrak Wortel	45
Tabel 13.	Komposisi Kimia Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor dan Ekstrak Brokoli	50
Tabel 14.	Komposisi Kimia Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Rumput Laut dan Rempah	53
Tabel 15.	Rerata Aktifitas Antioksidan dan Total Karoten Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Puree Buah Naga Merah dan Ekstrak Wortel	56
Tabel 16.	Rerata Aktifitas Antioksidan dan Total Klorofil Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor dan Ekstrak Brokoli	57



Tabel 17. Rerata Aktifitas Antioksidan Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Rumput Laut dan Rempah 59

Tingkat konsumsi beras yang sangat tinggi yaitu 114,6 kg per kapita per tahun menyebabkan ketergantungan terhadap beras. Peningkatan jumlah konsumsi beras berbanding terbalik dengan produksi padi dalam negeri (Martianto dkk., 2009; Kementerian Pertanian, 2017). Meskipun produksi beras pada tahun 2016 cukup banyak yaitu 79,1 juta ton, namun dikhawatirkan tidak dapat memenuhi kebutuhan beras nasional (Kementrian Pertanian, 2017). Pada tahun 2017, impor beras di Indonesia masih mencapai 256,56 ribu ton (Badan Pusat Statistik, 2017).

Indonesia kaya akan produk sumber karbohidrat lain seperti contohnya umbi garut dengan produktivitas tanaman garut mencapai 17 ton/ha atau sekitar 1,7-3,4 ton pati per hektar (Djafar dkk, 2010). Bahan alternatif pengganti tepung terigu yakni umbi-umbian lokal, tepung ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai macam kue, roti kering, bubur bayi, mie, glukosa cair dan diet pengganti nasi. Selama ini, pemanfaatan umbi-umbian lokal masih belum optimal, karena belum populer jika dibandingkan dengan tepung terigu yang banyak digunakan oleh masyarakat. Diperlukan adanya upaya diversifikasi umbi-umbian sebagai sumber karbohidrat lokal menjadi olahan yang lebih dapat diterima oleh masyarakat. Teknologi yang dapat dilakukan yaitu dengan mengolah pati garut menjadi beras analog. Beras analog merupakan beras yang terbuat dari non padi dengan kandungan karbohidrat mendekati atau melebihi beras yang terbuat dari tepung bahan pangan lokal non beras (Budijanto *et al.*, 2011).

Diabetes mellitus merupakan penyakit tidak menular yang mematikan. Pada tahun 2014, diperkirakan terdapat 422 juta orang penderita diabetes atau sekitar 8,5% dari total penduduk dunia. Jumlah tersebut meningkat dibandingkan dengan data tahun 1980 yang hanya 108 juta orang (4,7%) (WHO, 2016). Khusus di Indonesia, berdasarkan data Kementerian Kesehatan RI, pada tahun 2013, penderita diabetes sudah mencapai 9,1 juta jiwa, dan diprediksi akan meningkat hingga 21,3 juta jiwa pada tahun 2030 (PoskotaNews, 2017). Penyakit diabetes saat ini dianggap sebagai salah satu dari lima penyebab utama kematian di seluruh dunia (Al-Ani, dkk., 2017). Penyakit diabetes mellitus dapat disebabkan defisiensi insulin, resistensi insulin, atau kedua-duanya (Setyaningsih, dkk., 2017).

Strategi untuk membantu mengobati dan mencegah prevalensi penyakit tersebut dapat dilakukan dengan mengonsumsi beras analog dengan indeks glikemik (IG) rendah yang kaya antioksidan. Makanan dengan indeks glikemik rendah diketahui efektif untuk memperbaiki sensitivitas insulin serta menurunkan laju penyerapan glukosa sehingga bermanfaat bagi penderita diabetes (Shyam, dkk., 2017), sedangkan makanan kaya antioksidan dapat mencegah kemungkinan terjadinya komplikasi yang bersifat kronis.

Penelitian tentang beras analog sudah banyak dilakukan, antara lain beras analog dari sorghum (Budijanto dan Yuliyanti, 2012), tepung komposit (Sumardono dkk., 2014), jagung putih dan sorgum dengan penambahan tepung kedelai (Noviasari dkk, 2015), shorgum dan mocaf (Noviasari dkk, 2017), jagung putih, sagu, tepung kedelai dan bekatul (Kurniawati dkk, 2016), tepung jagung, tepung talas (Srihari dkk, 2016), campuran tepung shorgum dan rempah-rempah (Rasyid dkk, 2016), kacang merah dan shorgum (Fauziyah dkk, 2017), tepung singkong yang diperkaya protein udang (Rasyid dkk, 2012), dan beras analog yang berasal dari tepung dan pati ubi ungu (Handayani dkk, 2017).

Pada masa kini filosofi makan bagi masyarakat sudah mulai bergeser ke arah yang lebih baik, yaitu tidak hanya kenyang namun bermanfaat bagi kesehatan, sehingga perlu pengembangan produk-produk pangan fungsional. Untuk menambah sifat fungsional dari

beras analog, maka dapat diformulasikan dengan bahan-bahan yang memiliki sifat fungsional, seperti antioksidan, dietary fiber, dan lain sebagainya. Selain untuk menambah sifat fungsional dari beras analog, penambahan bahan-bahan lain diharapkan dapat memperbaiki sifat beras analog seperti warna maupun rasa.

Oleh karena itu, penelitian-penelitian mengenai beras analog dapat dilakukan dengan berbagai variasi, dimana diharapkan nantinya dihasilkan beras analog yang memiliki sifat fungsional, tetapi memiliki karakteristik yang dapat diterima dari sisi konsumen.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Salah satu alternatif terobosan untuk mendukung program diversifikasi pangan yang mempunyai peluang keberhasilan cukup baik adalah pengembangan teknologi pengolahan beras analog yaitu beras yang dibuat dari karbolokal non padi. Produk ini diharapkan dapat dijadikan sebagai *“product vehicle”* program diversifikasi pangan dalam mengurangi ketergantungan terhadap beras dan terigu (Budijanto dan Muaris, 2013).

Beras analog merupakan beras yang berbahan baku non padi serta memiliki bentuk mirip dengan beras padi. Cara mengkonsumsi beras analog layaknya mengkonsumsi beras padi. Kelebihan yang dimiliki oleh beras analog yakni kandungan gizi dapat dirancang agar memiliki gizi yang sama atau bahkan melebihi beras padi, serta dapat memiliki sifat fungsional sesuai bahan baku yang digunakan (Noviasari, 2013). Beras analog terbuat dari bahan baku antara lain 50-98% bahan yang mengandung pati atau turunannya, 2-45% bahan yang dapat memperkaya beras analog, dan 0,1-10% hidrokoloid (Sari, 2014).

Beras analog memiliki dua metode pembuatan yakni cara granulasi dan ekstrusi. Perbedaan pada kedua metode ini adalah pada tahap gelatinisasi adonan dan tahap pencetakan. Hasil cetakan yang diperoleh dari metode ekstrusi adalah lonjong dan menyerupai bentuk beras (Widara, 2012).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan mutu beras analog agar memiliki tingkat kemiripan dengan beras padi pada umumnya yakni rasio antara amilosa dan amilopektin, suhu

gelatinisasi, pengembangan volume, gelatinisasi pati, penyerapan air, viskositas gel, konsistensi gel dan kandungan protein (Haryadi, 2006). Kandungan amilosa dan amilopektin menentukan kualitas tekstur beras analog dan kecepatan nasi mengeras. Kadar amilosa yang tinggi dalam beras dapat membuat tekstur nasi semakin keras dan pera. Apabila nasi yang dihasilkan pulen dan lengket, maka kandungan amilopektin dalam beras tersebut cenderung lebih tinggi (Astawan, dkk., 2004).

Hasil penelitian mengenai tingkat kesukaan pada uji organoleptik beras artifisial seperti beras mutiara yang terbuat dari ubi jalar, konsumen menilai beras tersebut dengan nilai agak suka dan suka secara keseluruhan parameter pengujian (Herawati dan Widowati, 2009). Berdasarkan hasil penelitian daya terima beras analog di Desa Tanjung Beringin dengan bahan baku tepung ubi kayu, dapat diketahui bahwa responden tidak menyukai rasa dari beras analog, serta kurang suka terhadap warnanya, akan tetapi suka dengan aroma dan tekstur beras analog yang dihasilkan (Gestarini dkk, 2014). Beras analog dengan bahan baku tepung umbi daluga yang dibuat oleh Lumba, dkk (2012) menghasilkan nilai rata-rata pada tekstur, kenampakan, dan kesukaan terhadap warna nasi antara biasa dan suka, namun untuk nilai rasa nasi yakni biasa.

Pengembangan beras analog melalui penelitian terus berkembang. Salah satunya untuk meningkatkan nilai fungsional beras analog dan mendapatkan manfaat kesehatan dapat ditambahkan bahan baku yang memiliki sumber serat pangan (Kharisma, 2015). Beras artifisial sebagai pangan fungsional hasil penelitian Noviasari, dkk (2015) memiliki indeks glikemik yang rendah.

Teknik ekstruksi merupakan metode pembuatan beras analog yang dilakukan oleh Budi, dkk (2013) dengan kesimpulan bahwa beras analog yang dibuat dengan proses ekstrusi memiliki perbandingan komposisi bahan baku tepung jagung dan pati 7:3 dan menghasilkan produk yang mulai diterima oleh pasar dalam skala terbatas.

Produk ekstrusi terbuat dari berbagai macam bahan baku dalam kisaran yang luas. Komponen bahan pangan dengan kandungan sifat fungsional yang berbeda bisa diubah menjadi produk ekstrusi. Produk ekstrusi terbuat dari biopolimer alami dan protein. Biopolimer alami yang digunakan bisa berasal dari bahan baku seperti sereal, tepung umbi-umbian tinggi pati, lemak dari biji kacang-kacangan, sedangkan protein berasal dari sumber yang kaya protein. Tepung terigu dan tepung jagung merupakan bahan baku yang umum digunakan dalam pembuatan beras analog. Bahan seperti tepung beras, kentang, berley, oat, gandum hitam, ketela pohon, sorgum, tapioka dan tepung kacang-kacangan juga sering digunakan dalam pembuatan beras analog (Estiasih dan Ahmadi, 2009).

Perubahan karakteristik produk hasil ekstrusi dari segi kandungan kimia dan perubahan fisikokimia dipengaruhi oleh bahan-bahan penyusunnya. Hal tersebut yang mendasari pentingnya mempelajari sifat-sifat bahan serta adanya interaksi terhadap bahan lain selama proses ekstrusi berlangsung, sehingga karakteristik produk hasil ekstrusi yang ingin dicapai dapat ditentukan melalui komposisi bahan penyusunnya.

Proses ekstrusi dalam pengolahan makanan menggunakan bahan-bahan yang sama seperti bahan-bahan yang digunakan dalam proses pengolahan makanan lain. Kualitas bahan-bahan yang digunakan memiliki kualitas yang baik digunakan sebagai bahan makanan serta apabila ditambahkan bahan-bahan tambahan lainnya, maka harus

menggunakan bahan-bahan yang diizinkan dan kemurnian yang dibutuhkan terpenuhi. Jenis bahan yang ditambahkan akan memiliki kecenderungan terhadap proses modifikasi dan mempengaruhi produk akhir bahan yang pada umumnya digunakan dalam proses pengolahan dengan metode ekstrusi pada pengolahan makanan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Bahan pada Proses Ekstrusi

No	Deskripsi	Bahan Mentah
1.	Bahan-bahan pembentuk struktur	Biji-bijian, kentang dan turunannya, protein nabati, gluten dan bahan lain yang hampir sama
2.	Bahan-bahan sebagai fase terdispersi	Berbagai macam protein, ekstrak, serat, selulosa
3.	Bahan pengental	Air, minyak, emulsifier
4.	Bahan pengembang	Baking powder dan bahan pengembang
5.	Bahan penambah flavor	Garam, gula, bumbu-bumbu, flavor tambahan
6.	Bahan pewarna	Susu bubuk, protein, gula pereduksi, pewarna alami, dan sintetis

Sumber: Frame, 1994

A. Bahan Baku Beras Analog

1. Pati

Pada prinsipnya semua bahan baku yang mengandung pati dapat digunakan untuk pembuatan produk dengan proses ekstruksi sebagai bahan baku utama, baik yang berbentuk sereal maupun umbi. Perbandingan antara kandungan amilosa dan amilopektin mempengaruhi perubahan sifat fisik dan kimia dari pati selama proses. Amilosa dapat mudah mengalami retrogradasi dan membentuk struktur yang keras jika suhu proses telah turun. Dalam proses ekstrusi, sifat ini akan mengurangi pengembangan dari produk. Amilopektin lebih mudah diputus ikatannya daripada amilosa di bawah kondisi proses dengan tingkat pati gesekan yang tinggi seperti pada ekstrusi

dan mengalami laju retrogradasi yang lebih lama daripada amilosa. Berkebalikan dengan amilosa, pengembangan produk pada proses ekstrusi meningkat dengan adanya amilopektin (Huang dan Rooney, 2002).

2. Lipid

Proses ekstrusi memerlukan lipid yang berperan sebagai pelumas (lubricant) karena lipid dapat mengurangi gaya friksi yang terjadi antar partikel di dalam campuran dan di permukaan *screw* (Guy, 2001). Keberadaan lemak di dalam produk makanan yang terlalu banyak dapat menurunkan gaya gesek yang terjadi antar partikel dengan ulir dan ulir dengan barrel sehingga dapat mengurangi suhu di dalam barrel. Pada proses yang dibuat dengan ekstruder ulir tunggal (SSE), kadar lemak hendaknya tidak lebih dari 7 %. Akan tetapi, untuk ekstruder ulir ganda (TSE) dapat digunakan formula bahan dengan kadar lemak lebih dari 25 % dikarenakan sifat konversi energi mekanik menjadi panas yang lebih baik (Huber dalam Rooney, 2002)

Tabel 2 Perkiraan Kandungan Amilosa dan Amilopektin Pada Beberapa Jenis Pati

Tipe Pati	Amilosa (%)	Amilopektin (%)	KSG* (°C)
Jagung	25	75	62-72
Jagung lunak	<1	>99	63-72
Jagung tinggi amilosa	56-70 (atau lebih tinggi)	45-30 (atau lebih rendah)	70-95+
Kentang	20	80	50-60
Beras	19	81	68-78
Beras lunak	<1	>99	68-77
Tapioka/singkong/ubi	17	83	52-61
Gandum	25	75	56-63
Sorgum	25	75	65-74
Sorgum lunak	<1	>99	64-73
Sorgum lunak sebagian	<20	>80	64-73

* KSG: Kisaran Suhu Gelatinisasi (Sumber: Huang dan Rooney, 2002)

Lipid yang dipakai dalam proses bisa dalam bentuk lemak, minyak ataupun produk turunannya. Hal yang terjadi di dalam ekstruder yakni penurunan viskositas lipid yang terjadi pada suhu di atas 40°C, lipid dan bahan lain dapat tercampur serta dengan cepat terdispersi dalam bentuk droplet yang lebih kecil. Lipid dengan konsentrasi lebih dari 3% tidak berpengaruh terhadap sifat-sifat ekspansi, akan tetapi laju ekspansi akan berkurang ketika konsentrasinya lebih dari 5% (Harper, 1981).

Lemak atau minyak menyebabkan pelemahan adonan, mengurangi kekerasan dari produk ekstrusi, dan meningkatkan sifat plastis dari produk (Harper, 1981 di dalam Walker *et al*, 1992). Lebih lanjut dikatakan bahwa penambahan lemak berakibat pada berkurangnya pengembangan produk ekstrusi dari tepung gandum sekaligus merubah struktur yang dihasilkan (Faubion dan Hoseneey, 1982 di dalam Walker *et al*, 1992). Lemak mungkin dapat dijadikan suatu alternatif dalam proses ekstrusi untuk mengontrol tekstur dalam dan luar dari produk ekstrusi terkait dengan sifat-sifat di atas.

Pati dan lipid yang terdapat di dalam adonan bahan dapat berpengaruh terhadap pembentukan kompleks amilosa-lipid. Senyawa kompleks amilosa-lipid dari senyawa asam lemak bebas dan monoglyserida pembentukannya lebih baik jika dibanding dengan trigliserida (Mitchel and Areas, 1992; Harper, 1981; Camire, 2000). Hal ini menyebabkan produk dihasilkan akan memiliki sifat daya serap terhadap air yang rendah (*Water Absorption Index*) dan kelarutan yang rendah pula (*Water Solubility Index*) karena terdapat perbedaan kepolaran. Gallowat *et al.*, (1989) yang diacu dalam Hanna dan Bhatnagar (1994) menemukan bahwa kompleks amilosa-gliserilmonostearat yang terbentuk selama ekstrusi dari pati gandum menyebabkan juga penurunan derajat pengembangan dari produk dan daya serang enzim. Kompleks antara amilosa dengan lemak juga dapat meningkat dengan adanya penambahan tekanan dan suhu (Huber dalam Rooney, 2002).

3. Serat

Serat pangan terdiri dari fraksi polisakarida, dinding sel tanaman dan lain-lain yang tahan terhadap hidrolisis enzim di dalam sistem

pencernaan manusia. Serat banyak memiliki dampak terhadap kesehatan bagi manusia. Pada proses ekstrusi, serat berperan secara signifikan dalam perubahan struktur dan sifat fisik kimia. Penelitian menunjukkan bahwa selama proses ekstrusi serat dapat mengubah karakteristik struktur dan sifat-sifat kimia fisika, dengan efek utama meredistribusikan serat-serat tidak larut menjadi serat-serat larut (Camire, *et al.*, 1990; Guillon, dkk., 1992; Larrea, dkk., 2005). Efek tersebut akan menyebabkan ikatan kovalen dan non kovalen antar karbohidrat yang menyertai serat terputus sehingga, akan terbentuk molekul-molekul yang lebih dan lebih larut (Fornal, dkk., 1987; Wang, dkk., 1993).

Beberapa penelitian menyatakan bahwa terjadi indeks ekspansi yang menurun seiring penambahan serat ke dalam adonan (Hsieh, dkk., 1989; Ilo, dkk., 1999; Damat dkk., 2020). Penggunaan serat masih terbatas dalam kaitannya dengan pengembangan produk ekstrusi. Serat buah, kedelai, dan kacang kapri biasanya dipertimbangkan untuk mengurangi sedikit pengembangan produk ekstrusi pada konsentrasi 5 % - 10 %. Penambahan serat dari beras dan oat secara normal dapat mengurangi pengembangan secara nyata (Huber dalam Rooney, 2002).

Menurut Damat dkk (2017), serat termasuk pati resisten (RS) yang diketahui memiliki kelebihan. RS diketahui tidak tercerna di dalam usus halus, akan tetapi akan terfermentasi di dalam usus besar dan menghasilkan asam lemak rantai pendek SCFA (*short chain fatty acid*). SCFA dapat memberikan efek yang menyehatkan bagi kolon. Kadar serat dapat dilakukan dengan cara modifikasi pati. Pati garut yang dimodifikasi, baik modifikasi dengan cara fisik diketahui dapat meningkatkan kadar total serat makanan sekitar tiga hingga empat kali lebih besar dari pati garut alami (Damat dkk, 2019).

4. Bahan Pengikat dan Pen-setting (*Binder and setting agent*)

Pencampuran antara bahan pengikat (cair) dengan tepung menghasilkan adonan yang akan mempertahankan bentuk beras analog dengan baik. Sodium alginate dengan viskositas rendah (0,1-1 poise) atau viskositas tinggi (8-20 poise) dapat digunakan sebagai pengikat. Larutan alginat mempunyai konsentrasi 0,5-5 % berat untuk viskositas rendah, sedangkan untuk viskositas tinggi konsentrasinya 5-11% berat (Cox dan Cox, 1993). Untuk meningkatkan kualitas tekstur

beras analog, hidrokoloid dalam jumlah 0,2-2,5% dapat ditambahkan ke dalam campuran sebelum proses ekstrusi dilakukan (Dupart dan Huber, 2003).

Penggunaan bahan pensetting dalam adonan bertujuan membentuk gel dari pengikat (*binder*). Bahan pengikat (*binder*) dapat disusun dari campuran bahan kalsium laktat 62,5% dan kalsium khlorida 37,5% dalam rentang 0,01–20% berat dari tepung (Cox and Cox, 1993).

5. **Pewarna, Flavor, Fortifikan, dan Antioksidan**

Bahan-bahan ini merupakan zat aditif yang memiliki sifat opsial jika ditambahkan dalam campuran bahan. Penambahan bahan aditif tersebut dapat dilakukan dengan tujuan untuk memberikan warna, aroma dan cita rasa yang menarik serta meningkatkan nilai gizi. Antioksidan sendiri adalah bahan yang bersama-sama dengan fortifikan ditambahkan, sehingga dapat mencegah kerusakan senyawa yang sensitif terhadap panas seperti protein, vitamin A, E, B dan lainnya serta mampu mempertahankan kualitas fortifikan (Mishra, dkk., 2012). Apabila menggunakan baku yang memiliki nilai gizi, warna dan aroma yang baik maka tidak perlu ditambahkan zat aditif penunjang.

B. Pati Garut

Garut (*Marantha arundinacea*) adalah jenis umbi komoditas lokal Indonesia. Tanaman garut terdiri atas dua jenis kultivar yaitu creole dan banana. Umbi garut yang memiliki sumber karbohidrat yang tinggi dengan sebagian penyusunnya adalah pati yakni kultivar creole. Pati umbi garut kultivar creole lebih tinggi (20.96%) dibandingkan kultivar banana (19,40%). Kedua kultivar ini memiliki kandungan protein dan lemak yang relatif rendah. Umbi garut telah dikonsumsi secara turun-temurun oleh sebagian besar masyarakat Indonesia, akan tetapi bentuk pengolahan umbi garut menjadi bahan pangan fungsional masih tergolong terbatas. Kelebihan umbi garut yakni kadar serat pangan yang cukup tinggi (9,78%), umbi garut juga dapat mencegah berbagai macam penyakit degeneratif seperti jantung koroner dengan

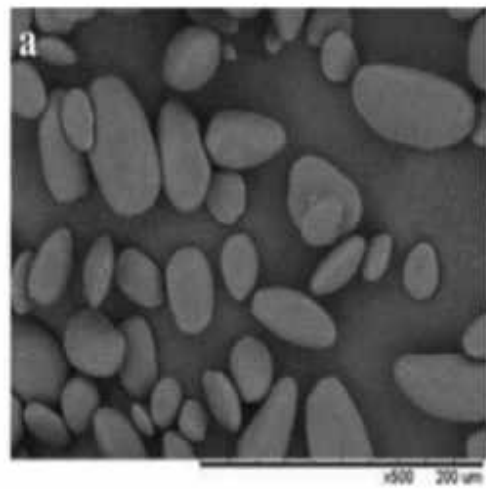
mekanisme penurunan kolesterol dalam darah (Faridah dkk. 2008).

Tahapan ekstraksi pati garut cara basah terdiri dari tahap pembersihan, pengupasan, pencucian, perendaman, dan penghancuran umbi garut. Tahap selanjutnya yakni pemisahan pati melalui penyaringan, pengayakan, dan pengendapan yang disertai proses pencucian. Pati yang diperoleh kemudian dikeringkan, digiling, dan diayak. Rendemen yang diperoleh dengan ekstraksi secara basah berkisar 15,89% dengan kadar air 11,48% (Faridah, 2014).

Sifat pati garut yang mudah dicerna cocok dikonsumsi sebagai makanan orang yang memiliki gangguan pencernaan dan makanan bayi. Pati garut juga dapat dikonsumsi bagi anak penyandang penyakit autis, makanan diet bagi orang tua, dan pasien dalam masa pemulihan (Ariesta dkk., 2004). Karakteristik pati garut yakni: mudah larut dan mudah dicerna sehingga cocok untuk bahan makanan bayi dan orang sakit, berbentuk oval dengan ukuran 15-70 mikron sebagaimana tampak pada Gambar 1 (Djaafar, 2006). Ukuran granula yang besar dan kandungan amilosa yang tinggi menyebabkan *swelling power* dari pati garut lebih tinggi dibandingkan pati lain. Kelarutan dari pati garut sangat tergantung dengan suhu. Pada suhu rendah ($\leq 60^{\circ}\text{C}$) kelarutan pati rendah, tetapi meningkat signifikan setelah itu. Sifat ini dikarenakan amilosa yang larut dari granula selama gelatinisasi (Valencia 2014).



(a)



(b)

Gambar 1 Pati garut (a) (dokumentasi pribadi, 2018); Struktur granula pati garut di bawah Scanning Electron Microscope (SEM) pada pembesaran 500x (b) (Sumber: Valencia, 2014)

Pati garut dari kultivar banana memiliki lebih banyak butiran yang berukuran besar dibanding dengan varietas creole. Suhu awal gelatinisasi 70°C, mudah mengembang jika kontak dengan air panas dan daya kembang mencapai 54%. Syarat yang harus dipenuhi untuk kebutuhan komersial harus memiliki kadar air kurang dari 18%, rendah kadar abu dan serat, pH 4.5-7, kekentalan 514-640 satuan Brabender. Garut sangat potensial diolah dalam bentuk pati (Djaafar, 2006). Komposisi kimia pati garut per 100g bahan tersaji pada Tabel 3.

Kadar amilosa dipengaruhi beberapa faktor antara lain jenis botani, vareitas tanaman, umur botani. Pada kondisi pati optimum, dibandingkan dengan kadar amilosa umbi lainnya kadar amilosa garut cukup tinggi (Naraya dan Moorthy 2002). Hal ini menjadikan pati garut baik dijadikan bahan baku pati resisten tipe III.

Tabel 3 Komposisi Kimia Pati Garut dalam 100g Bahan

Komposisi	(%)
Air	15,05
Abu	0,64
Lemak	0,32
Serat	0,29
Pati	98,65
Amilosa	42,01

Sumber: Valencia (2014)

Pati garut mempunyai kandungan protein dan lemak yang rendah. Namun, hal ini sangat diinginkan karena kandungan protein dan lemak yang rendah dapat menghambat pembentukan pati resisten saat proses modifikasi pati garut untuk menghasilkan pati resisten. Terdapat beberapa komponen pada pangan yang berinteraksi dengan pati dan pada akhirnya mempengaruhi pembentukan RS antara lain: protein, serat pangan, enzim inhibitor, ion, dan lipid (Sajilata dkk., 2006). Interaksi antara protein dan pati dapat mengurangi kadar pati resisten.

Lemak merupakan komponen yang berinteraksi dengan pati. Interaksi lemak dengan pati terjadi pada saat proses pemanasan pati di atas suhu 100°C membentuk kompleks amilosa-lipid. Bentuk kompleks antara amilosa-lipid adalah bentuk *enzym-degradable*. Penambahan jumlah kompleks amilosa-lipid terbentuk dapat menurunkan kadar pati resisten bahan. Proses rekristalisasi amilosa bertujuan untuk menghasilkan pati resisten yang terhambat karena terjadi pengkompleksan amilosa oleh lipid. Adanya lemak yang berasal dari bahan pangan itu sendiri juga dapat menurunkan kadar pati resisten (Sajilata dkk., 2006).

Sifat fisik maupun kimia yang terkandung dalam pati garut akan berbeda tergantung dari umur panennya. Umumnya pati garut diperoleh dari rimpang garut yang telah berumur 8-12 bulan (Widowati dkk., 2002). Hasil penelitian Mariati (2001), kadar pati berbagai varietas umbi garut cukup tinggi yakni berkisar 92,24–98,78% sedangkan pati tepung garut berkisar 83,38–89,05%.

Kadar amilosa pati garut dari total pati berkisar 29,67–31,34%, sedangkan kadar amilosa pada tepung garut 24,81–27,82%. Pati garut mengandung amilosa yang lebih tinggi dibandingkan dengan pati singkong, jagung, kentang, gandum, dan beras. Tingginya kandungan amilosa pada pati garut merupakan karakteristik penting dalam pembentukan matriks polimer yang kuat (Valencia, 2014).

Semakin tinggi kandungan amilosa, maka kelarutan akan semakin meningkat. Kelarutan dari pati garut pada suhu 80°C. Pati garut memiliki warna putih cerah kekuningan. Perbedaan warna dari pati garut bisa diakibatkan karena perbedaan kandungan kimia. Karakteristik warna dari pati garut membuat pati garut dapat diaplikasikan pada produk pangan dengan berbagai macam warna (Valencia, 2014).

Puncak gelatinisasi pati garut dengan puncak viskositas (*maximum viscosity*) yang cukup tinggi diikuti dengan penurunan viskositas (*breakdown viscosity*) yang tajam selama fase pemanasan, menunjukkan granula pati garut kurang stabil terhadap proses pemanasan. Pada fase pendinginan, terjadi penggabungan kembali (*re-association*) molekul amilosa dan amilopektin melalui ikatan

hidrogen yang menyebabkan peningkatan kembali viskositas pasta pati (Damat dkk., 2019b). Hal ini juga menunjukkan kecenderungan retrogradasi dari pasta pati garut. Retrogradasi pasta pati garut ini disebabkan karena kandungan amilosa yang tinggi berkontribusi terhadap proses retrogradasi selama proses pendinginan. (Lehmann dkk., 2003; Shu dkk., 2007).

C. Buah Naga Merah

Buah naga atau *dragon fruit* atau dikenal dengan buah pitaya dengan bentuk bulat lonjong menyerupai nanas bersirip, kulitnya berwarna merah jambu dan dihiasi sultur seperti sisik naga. Buah yang tergolong keluarga kaktus ini memiliki batang berbentuk segitiga dan tumbuh memanjat. Batang tanaman ini mempunyai duri pendek dan tidak tajam, memiliki bentuk bunga seperti terompet berwarna putih bersih yang terdiri dari sejumlah benang sari berwarna kuning. Terdapat empat jenis buah naga yakni: (1) *Hylocereus undatus* atau *white pitaya*. Memiliki kulit berwarna merah dan daging buah berwarna putih, (2) *Hylocereus polyrhizus* memiliki kulit berwarna merah, daging buah merah keunguan, (3) *Hylocereus costaricensis*, daging buah berwarna lebih merah, dan (4) *Selenicereus megalanthus*, jenis ini kulit tanpa sisik berwarna kekuningan (Panjuantiningrum, 2009).

Buah naga merah harus dipanen setelah matang, jika dipanen saat mentah, maka buah tidak akan matang karena tergolong buah non-klimaterik. Buah ini dapat dipanen terhitung 30 hari setelah berbunga (Himagropertanian, 2012). Jenis *Hylocereus polyrhizus* lebih banyak dikembangkan di Negara Cina dan Australia, memiliki ciri kulit berwarna merah dan daging buah berwarna merah keunguan. Rasa buah *Hylocereus polyrhizus* lebih manis dibanding *Hylocereus undatus*, karena memiliki kadar kemanisan hingga 13-15% Briks (Kristanto, 2008). Buah naga diklasifikasikan dalam:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Cactales
Famili : Cactaceae
Subfamili : Hylocereanea
Genus : Hylocereus
Species : *Hylocereus polyrhizus*



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Buah naga Merah (dokumentasi Pribadi, 2018);
(b) Daging Buah naga Merah (Hutauruk, 2017)

¹ Buah naga merah mengandung zat bioaktif antioksidan yang bermanfaat bagi tubuh. Antioksidan ini dalam bentuk asam askorbat, betakaroten, dan antosianin. Serat pangan dalam buah naga berbentuk pektin. Mineral yang terkandung di dalam buah naga merah terdiri dari kalsium, phosfor, dan besi. Buah naga merah juga mengandung vitamin C (Pratomo, 2008). Kandungan gizi dalam 100 g buah naga merah disajikan pada Tabel 4.

Setiap 100 g buah naga merah, kandungan airnya cukup tinggi yaitu 82,5-83g, serat 0,7-0,9g, betakaroten 0,005-0,012g, kalsium 6,3-8,8mg, zat besi 0,55-0,65mg, fosfor 30,2-36,1mg, protein 0,16-0,23g, lemak 0,21-0,61g, beragam vitamin seperti B1 sebanyak 0,28-0,30mg, vitamin B2 0,043-0,045mg, vitamin C 8-9mg dan kandungan niasin sebanyak 1,297-1,300mg (Evi dan Amrun, 2007).

Tabel 4. ¹ Komposisi Gizi Buah Naga Merah per 100 g

Komponen	Jumlah
Kadar Gula (% briks)	13 – 18
Air (%)	90,20
Karbohidrat (g)	11,5
Protein (g)	0,53
Asam (g)	0,139
Serat (g)	0,71
Fosfor (mg)	8,7
Magnesium (mg)	60,4
Kalsium (mg)	134,5
Vitamin C (mg)	9,4

Sumber: Kristanto (2003)

D. Wortel

Sebagai bahan pangan, umbi wortel mengandung nilai gizi yang cukup tinggi. Umbi wortel memiliki rasa yang enak, renyah, dan agak manis, sehingga banyak disukai oleh masyarakat. Hasil olahan umbi wortel yakni sup, bistik, mie, dan lainnya. Wortel mengandung betakaroten yang dapat dimanfaatkan sebaga pewarna pangan alami (Cahyono, 2002).

Berdasarkan taksonomi tumbuhan, tanaman wortel dapat diklasifikasikan dalam :

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyta
- Subdivisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledonae
- Ordo : Umbelliferae
- Genus : *Daucus*
- Spesies : *Daucus carota* L.



Gambar 3. Wortel (Sumber: Susanti, 2017)

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan salah satu jenis tumbuhan sayuran umbi yang berwarna kuning kemerahan hingga berwarna jingga kekuningan dan memiliki tekstur menyerupai kayu (Malasari 2005). Bagian wortel yang dapat dimakan yakni bagian umbi atau akar. Cadangan makanan tanaman ini disimpan di dalam umbi. Batang wortel memiliki ciri-ciri ukuran pendek, akar tunggang yang memiliki bentuk dan fungsi dapat berubah menjadi umbi berbentuk bulat memanjang. Umbi wortel memiliki kulit yang tipis, sehingga saat dimakan dalam kondisi mentah terasa renyah agak manis (Makmun 2007).

Hasil penelitian menunjukkan tanaman wortel memiliki kandungan senyawa aktif yakni: protein, karbohidrat, serat, lemak, gula alami, glutatin, pektin, asparaginin, geraniol, pienna, flavonoida, limonela dan beten. Senyawa karoten membentuk warna jingga dan memberikan karakteristik terhadap umbi wortel yang dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami (Suojala, 2000). Warna umbi wortel yang kuning kemerahan cenderung memiliki kandungan karoten A yang tinggi. Umbi wortel banyak mengandung vitamin B, C, dan mineral (Pohan, 2008). Hasil penelitian Sunanto, (2002) umbi wortel mengandung vitamin A, B kompleks, C, D, E, K dan antioksidan.

Menurut Khomsan (2009), wortel mengandung karoten total dan betakaroten sejumlah 759 g beserta air. Kadar betakaroten umbi wortel dua kali lebih banyak dibandingkan kangkung (380 g), serta tiga kali lebih banyak dibandingkan daun caisim (286 g), bahkan lebih tinggi daripada bayam (409 g). Wortel memiliki warna kulit kuning atau jingga yang berasal dari pigmen karoten (Astawan, 2008). Kadar betakaroten semakin tinggi seiring bertambah pekat warna jingga pada umbi wortel (Khomsan, 2009).

Wortel tergolong sayuran yang memiliki kadar serat pangan tertinggi, terdiri dari serat pangan larut maupun serat pangan tidak larut (Muchtadi, 2000). Serat pangan larut dapat mereduksi secara efektif plasma kolesterol yakni *low density lipoprotein* (LDL), dan meningkatkan kadar *high density lipoprotein* (HDL). Penyakit jantung, obesitas, dan divertikulosis dapat dikurangi dengan mengonsumsi bahan pangan kaya serat pangan larut. Serat pangan tidak larut memiliki peranan yang sangat penting untuk mencegah disfungsi organ pencernaan seperti konstipasi (susah buang air besar), ambien, kanker usus besar dan infeksi usus buntu.

Kandungan utama yang terdapat pada wortel yakni vitamin A total 12.000 SI. Bentuk vitamin A dalam wortel berupa betakaroten yang berfungsi sebagai provitamin A (Rukmana, 2005). Kandungan nutrisi wortel dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Komposisi Zat Gizi Wortel per 100 g Berat Basah

Komposisi Zat Gizi	Satuan	Jumlah
Energi	Kcal	41
Protein	g	0,93
Lemak	g	0,24
Karbohidrat	g	9,58
Serat	g	2,8
Abu	g	0,97
Gula total	g	4,74
Pati	g	1,43
Air	g	88,29

Komposisi Zat Gizi	Satuan	Jumlah
Mineral		
Kalsium	mg	33
Besi	mg	0,30
Magnesium	mg	12
Fosfor	mg	35
Kalium	mg	320
Natruim	mg	69
Seng	mg	0,24
Tembaga	mg	0,045
Mangan	mg	0,143
Fluor	mcg	3,2
Selenium	mcg	0,1
Vitamin		
Vitamin C, total asam askorbat	mg	5,9
Tiamin	mg	0,066
Riboflavin	mg	0,058
Niacin	mg	0,983
Pantothenic acid	mg	0,273
Vitamin B-6	mg	0,138
Folate	mcg	19
Kolin	mg	8,8
Aktivitas vitamin A, IU	IU	16706
Ativitas vitamin A	mcg_RAE	835
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0,66
Tocopherol, beta	mg	0,01
Vitamin K (phylloquinone)	mcg	13,2
Lainnya		
Karoten, beta	mcg	8285
Karoten, alpha	mcg	3477
Lycopene	mcg	1
Lutein + zeaxanthin	mcg	256

Sumber: Apriantini (2009)

E. Daun Kelor

Daun kelor di Indonesia dimanfaatkan sebagai sayuran karena rasanya yang khas. Daun kelor juga dapat dimanfaatkan sebagai obat-obatan. Selain dikonsumsi dan dijadikan obat-obatan daun kelor dapat digunakan sebagai pakan ternak khususnya unggas karena dapat meningkatkan perkembangbiakan. Salah satu jenis tanaman bergizi dan sudah diperkenalkan oleh World Health Organization (WHO) sebagai pangan alternatif untuk mengatasi masalah gizi (malnutrisi) adalah kelor. Sebagian besar benua di Afrika dan Asia merekomendasikan daun kelor sebagai zat kaya gizi untuk ibu menyusui dan masa pertumbuhan anak (Mardiana, 2013). Menurut Roloff (2009) tanaman kelor memiliki klasifikasi sebagai berikut:

- Regnum : *Plantae*
- Division : *Spermatophyta*
- Subdivisio: *Angiospermae*
- Classis : *Dicotyledoneae*
- Subclassis : *Dialypetalae*
- Ordo : *Rhoeadales (Brassicales)*
- Familia : *Moringaceae*
- Genus : *Moringa*
- Species : *Moringa oleifera*



Gambar 4 Tanaman Daun Kelor (Sumber: Rajanandh dkk., 2012)

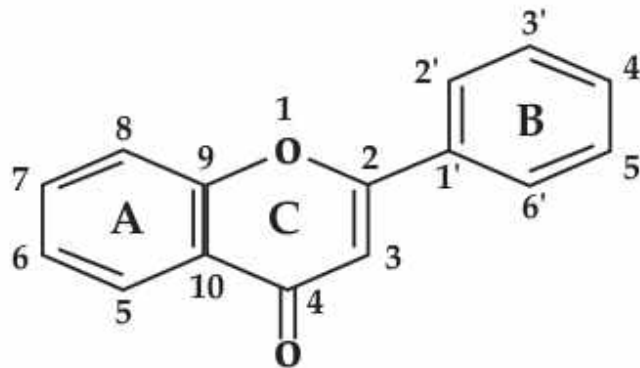
1 Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) berasal dari dataran sepanjang sub Himalaya yakni Negara India, Pakistan, Bangladesh, dan Afghanistan. Kelor tergolong jenis tumbuhan perdu berumur panjang dan berupa semak atau pohon dengan ketinggian 7-12 meter. Kelor memiliki batang berkayu (lignosus), tegak, berwarna putih kotor, berkulit tipis, dan mudah patah. Jarang tumbuh percabangan tegak atau miring. Pertumbuhan kelor cenderung tumbuh lurus memanjang (Tilong, 2012).

Menurut pengobatan tradisional Afrika dan India tanaman kelor mengandung 539 senyawa aktif yang bertindak sebagai stimulan jantung dan peredaran darah, antitumor, antipiretik, antiepilepsi, antiinflamasi, diuretik, antihipertensi, menurunkan kolesterol, antioksidan, antidiabetik, antibakteri, dan antijamur (Toripah dkk., 2014). Hasil penelitian Ojiako (2014), menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor mengandung tanin 8,22%, saponin 1,75%, dan fenol 0,19%. Kandungan bahan aktif yang terdapat dalam daun kelor yakni: flavonoid, saponin, tanin, dan polifenol yang berperan sebagai antimikroba (Sally dkk., 2014). Mekanisme polifenol yang berperan sebagai bahan aktif antibakteri yakni dengan meningkatkan permeabilitas dinding sel bakteri sehingga membran sel akan rusak dan bakteri lisis (Esimone dkk., 2006).

Sumber antioksidan yang terdapat dalam daun kelor terdiri dari atas: asam askorbat, flavonoid, fenolik, dan karotenoid. Tingginya konsentrasi asam askorbat, zat estrogen dan β -sitosterol, besi, kalium, fosfor, tembaga, vitamin A, B, C membuat daun kelor banyak memiliki manfaat bagi kesehatan. Asam amino yang terdapat pada daun kelor dalam bentuk: asam aspartat, asam glutamat, alanin, valin, leusin, isoleusin, histidin, arginin, triptofan, sistein, dan metionin. Suhu pemanasan dapat merusak antioksidan menurunkan kemampuan antioksidan menangkap radikal bebas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka aktivitas antioksidan akan semakin menurun (Trilaksani, 2013).

1 Daun kelor mengandung flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan yang mampu menjaga terjadinya oksidasi sel tubuh. Semua tumbuhan secara umum mengandung flavonoid yang terikat

pada gula dalam bentuk glikosida dan aglikon. Fungsi flavonoid sebagai antimikrobia, antivirus, antioksidan, antihipertensi, dan mampu mengobati gangguan fungsi hati. Sifat flavonoid yakni bakteriostatik dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Binawati dan Amilah, 2013).



Gambar 5. Struktur Umum Flavonoid (Sudirman, 2014)

F. ² Brokoli

Brokoli (*Brassica oleracea* L.) tergolong tanaman sayur dari suku kubis-kubisan (*Brassicaceae*). Tanaman brokoli merupakan sayuran yang tidak tahan terhadap udara panas, namun juga tidak tahan terhadap kondisi curah hujan yang terus-menerus. Brokoli tumbuh dengan baik apabila tanaman brokoli ditanam di dataran tinggi lembab dengan suhu rendah, tepat di ketinggian diatas 700 meter diatas permukaan laut. Sedangkan untuk tekstur tanah yang cocok untuk tanaman brokoli adalah tanah yang mempunyai tekstur tanah liat berpasir dan banyak mengandung bahan organik. Menurut *Herbarium Medanense* (2012), klasifikasi brokoli sebagai berikut:

- Kingdom : *Plantae*
- Divisi : *Spermathophyta*
- Class : *Dicotyledone*
- Ordo : *Capparales*
- Famili : *Brassicaceae*
- Genus : *Brassica*
- Species : *Brassica oleracea* L.



Gambar 6. Brokoli (dokumentasi pribadi)

Brokoli kaya akan nutrisi, bagian brokoli yang dapat dikonsumsi adalah bagian kepala bunga berwarna hijau tersusun seperti cabang pohon dengan batang yang tebal. Dedaunan banyak mengelilingi sebagian besar kepala bunga brokoli. Kemiripan antara brokoli dan kembang kol dibedakan dari warnanya, brokoli berwarna hijau sedangkan kembang kol berwarna putih (Dewi dalam Yenti 2016). Brokoli mengandung zat gizi tinggi kalium, serat, vitamin C, folat, kalsium, vitamin K, lutein, karoten, dan rendah sodium. Brokoli juga kaya akan antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas. Aktivitas antioksidan pada brokoli segar adalah 78,20% dan kandungan vitamin C sebesar 68,53 mg (Staningwarno, 2014). Penelitian di Amerika juga menemukan bahwa sayur brokoli mengandung serat pektin berupa kalsium pektat yang mampu mengikat asam empedu, sehingga banyak kolesterol yang tertahan di hati dan sedikit kolesterol yang terlepas dalam aliran darah. Efektifitas sayuran ini dalam menekan kadar kolesterol jahat sebanding dengan obat kolesterol (Amilah, 2016). Sayuran jenis *Cruciferae* (family *Brassicaceae*) merupakan sumber antioksidan yang berlimpah. Tanaman brokoli (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*) merupakan salah satu jenis famili tersebut. Brokoli tergolong jenis sayuran yang memiliki kandungan karotenoid, flavonoid, vitamin A, C, E, tiamin, riboflavin, lutein dan glutathione yang bersifat antioksidan (Jusuf dan Nelva, 2012). Kandungan gizi brokoli dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan Gizi Brokoli dalam 100 gram

Kandungan Gizi	Jumlah
Energi	22,0 kkal
Protein	2,10 g
Lemak	0,10 g
Karbohidrat	4,50 g
Kalsium	2,00 mg
Fosfor	54,00 mg
Serat	0,50 g
Zat Besi	0,80 mg
Vitamin A	210,00 RE
Vitamin B1	0,09 mg
Vitamin B2	0,08 mg
Vitamin C	68,00 mg
Niacin	0,50 mg

Sumber: Wirakusuma (2005)

² Brokoli mengandung beberapa kandungan seperti protein, sulforafan, indole, glukisinolat, zat besi, beta-karoten (karotenoid), sulfur, kalium, vitamin A, B1, B2, dan C. Sedangkan khasiat dari tanaman brokoli sangat banyak. Salah satunya adalah nilai gizi brokoli yang dianggap sebagai meningkatkan kinerja otot untuk menghasilkan tenaga, seperti kalsium, kromium, besi, protein, karbohidrat, vitamin C, dan vitamin A. Brokoli mengandung senyawa sianohidratsibutena (CHB), sulforafan, dan liberin yang berguna untuk merangsang pembentukan glutathione, dimana sulforafan dapat mencegah penyakit kanker. Brokoli juga mengandung fitokimia dan antioksidan yang menekan pertumbuhan berbagai penyakit dan infeksi. Brokoli dikenal sebagai sumber serat, vitamin C, K, E, dan A, serta berbagai mineral penting. Dengan kandungan dan fungsi yang seperti itu, brokoli dijadikan sebagai bahan pangan alternatif untuk mempertahankan sistem kekebalan tubuh manusia dan mempercepat masa pemulihan penyakit (Amilah, 2012).

G. Rempah

1. Bawang Putih

Bawang Putih (*Allium sativum*) merupakan anggota keluarga *Liliacea* yang biasanya digunakan sebagai penambah rasa dalam makanan. Selain itu bawang putih adalah rempah-rempah yang umum digunakan sebagai herbal dalam pengobatan modern dan merupakan salah satu herbal populer di dunia yang dapat mengurangi berbagai risiko penyakit (Thomson *dkk.*, 2007). Bawang putih kaya akan senyawa *flavonoid* seperti senyawa sulfur *alil propil disulfida* yang memiliki banyak manfaat terhadap kesehatan. Bau yang kuat dari bawang putih disebabkan oleh adanya kandungan sulfur seperti *S-alkil sistein sulfoksida*, senyawa ini diyakini memberikan manfaat dari bawang putih sebagai obat.

Senyawa sulfur *S-alkil sistein sulfoksida* dapat terurai oleh enzim menjadi berbagai bentuk senyawa volatil seperti *tiosulfinat* dan *polisulfida*. Senyawa tersebut memiliki efek sebagai antidiabetes, hipokolestolemik, antibiotik dan berbagai efek biologis lainnya. Pada penelitian El-Demerdash *et al.* (2005), bahwa jus bawang putih yang diberikan pada tikus dan diinduksi aloksan dapat memberikan efek antioksidan dan antihiperglikemik serta dapat mengurangi kerusakan hati dan ginjal yang disebabkan oleh diabetes. Selain dari hasil penelitian yang dilakukan Bongiorno *et al.* (2008) diketahui bahwa bawang putih memiliki pengaruh yang signifikan untuk mengurangi kadar glukosa dalam darah dan kolesterol.

2. Bawang Merah

Bawang merah (*Allium cepa* L) adalah salah satu tanaman yang penting dan banyak dikonsumsi karena manfaatnya sebagai pemberi rasa dan memberikan manfaat bagi kesehatan. *Flavonol* dan *antosianin* merupakan senyawa *flavonoid* utama yang terkandung di dalam bawang merah (Gregorio *dkk.*, 2010). Bawang merah disukai karena memiliki karakteristik rasa dan aroma. Aktivitas enzim *allinase* berperan penting dalam bentukan aroma khas dari bawang merah. Mekanisme pembentukan aroma ini melalui perubahan senyawa *S-alkil sistein sulfoksida* yang mengandung belerang oleh aktivitas enzim

allinase. Aroma ini akan tercium bila jaringan tanaman ini rusak dan enzim *allinase* akan mengubah senyawa *S-alkil sistein sulfoksida* yang mengandung belerang.

Menurut Wibowo (2009), bawang merah mengandung senyawa *alisin* dan minyak atsiri yang bersifat bakteriosida dan fungisida terhadap bakteri dan cendawan. *Allin* dan enzim *alinase* yang menyebabkan reaksi enzimatik berlangsung. Senyawa *allin* adalah substrat yang terkandung dalam jaringan tanaman yang akan berubah menjadi *alisin* dengan bantuan enzim *allinase*. Senyawa *alisin* yang terbentuk ini memiliki sifat kurang stabil sehingga mudah terurai menjadi komponen volatil yang akan memberikan aroma khas pada bawang. Adanya senyawa *alisin* dan *dialil disulfid* inilah yang membuat bawang merah memiliki kemampuan sebagai pengawet pada makanan.

3. Kunyit

Kunyit (*Curcuma domestica* Val.) adalah salah satu jenis tanaman herbal asli Indonesia yang dimanfaatkan sebagai bumbu dalam bahan makanan. Kunyit mengandung senyawa aktif kurkumin berkisar 3-5% dan minyak atsiri berkisar 2,5-6%. Senyawa aktif kurkumin dan minyak atsiri yang terkandung di dalam rimpang kunyit diduga mampu menurunkan kandungan kolesterol darah dan daging yang diakibatkan oleh pengaruh meningkatkan kadar produksi dan memperlancar pengeluaran cairan empedu. Kandungan kunyit berfungsi sebagai antibakteri dan antioksidan. Kurkumin mampu mempengaruhi nafsu makan dengan mempercepat pengosongan isi lambung, sehingga nafsu makan meningkat dan pengeluaran empedu semakin lancar serta terjadi penurunan aktivitas saluran pencernaan (Legowo, 2004).

Komponen paling berperan dalam warna kuning pada kunyit adalah kurkumin. Kandungan kurkumin dari rimpang kunyit kering bervariasi antara 1,8-5,4 persen. Selain itu kunyit juga mengandung serat pangan dan vitamin B kompleks yang cukup baik. Kurkumin dapat mencegah saluran pencernaan dari radikal bebas yang dapat membahayakan sel DNA. Kurkumin juga dapat membantu tubuh untuk menghancurkan mutasi sel kanker sehingga tidak menyebar ke seluruh bagian tubuh (Astawan, 2004).

4. Sereh

Sereh (*Cymbopogon citratus*) merupakan sumber minyak atsiri yang banyak digunakan dalam bidang pengobatan di negara-negara tropis dan subtropis. Kandungan kimia yang ada di dalam sereh memiliki aktivitas antioksidan dan banyak digunakan untuk pengobatan demam, gangguan pencernaan, peradangan dan diabetes. Aktivitas biologis dari sereh disebabkan karena kandungan *sitronelal* dan *sitral* (Jeong dkk., 2009). Minyak sereh terdiri dari 75-85% *sitral* yang merupakan geraniol alami (*trans-sitral*, *sitral-A*) dan 40% *neral* (*sitral*, *sitral-B*), *geraniol*, dan *myrcene*. Sereh tidak memiliki kandungan kolesterol atau lemak berbahaya. Bagian batang dan daun sereh yang sudah dikeringkan sering dimanfaatkan untuk bumbu masak, minyak wangi, bahan pencampur jamu, dan juga minyak atsiri. Minyak atsiri pada sereh sebesar 0,25%. Menurut Agusta (2000), menyebutkan bahwa sereh memiliki aroma yang cukup tajam dikarenakan komponen utamanya *sitronelol* dan *geraniol*.

5. Jahe

Jahe banyak mengandung berbagai fitonutrien dan fitokimia. Zat yang terkandung di dalam jahe yaitu minyak atsiri 2-3%, pati 20-60%, oleoresin, asam organik, damar, asam malat, asam oksalat, *gingerin*, *gingeron*, *flavonoid*, *polifenol*, *alkaloid* dan *musilago*. Jenis minyak atsiri yang terdapat pada jahe yaitu *zingiberol*, *linalool*, *kavikol*, dan *geraniol*. Setiap 100 gram rimpang jahe kering mengandung mengandung 10 gram air, 10 gram lemak, 10-20 gram protein, 40-60 gram karbohidrat, 2-10 gram serat, 6 gram abu dan 1-2% *gingerol* (Suranto, 2004).

Menurut Astawan (2009), menyatakan bahwa jahe mengandung berbagai senyawa antioksidan yaitu *zingiberol* 28,93%, *zingerol* 33,23%, dan *zingeron* 36,75%. Jahe juga mengandung *pottasium* 1,4%, *sodium* 0,03%, vitamin B1 0,05 mg/100 gram, vitamin B2 0,13 mg/100 gram, niasin 1,9% dan vitamin C 12 mg/100 gram. Jahe juga dimanfaatkan dalam industri obat bidang farmakologi, contohnya minyak wangi, anti mikroba, anti muntah, peluruh keringat, merangsang pengeluaran getah lambung dan getah empedu.

H. *Gracilaria* sp.

Rumput laut dengan genus *gracilaria* tergolong kelompok makroalga yang memiliki 300 spesies, yang terdiri atas alga merah, alga hijau, dan alga coklat kehijauan (Almeida, 2011). Salah satu jenis alga merah (*Rhodophyceae*) yakni *Gracilaria* sp. habitat hidupnya di daerah dengan iklim tropik dan subtropik, tumbuh dominan di perairan laut dangkal (Komarawidjaja & Kurniawan, 2008). Alga merah jenis ini paling banyak dibudidayakan karena memiliki jumlah produksi lebih dari 3,8 juta ton / tahun. Negara dengan produksi *Gracilaria* sp. terbesar di dunia adalah Cina dan Indonesia (Hendri dkk., 2017).

Rumput laut *Gracilaria* sp. dalam bidang pangan memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Rumput laut menghasilkan hidrokoloid yang berupa karagenan, alginat, dan agar-agar yang dapat digunakan sebagai bahan pengental dan pembuatan gel (Teddy, 2009). Kandungan garosa dan agaropektin pada *Gracilaria* sp. mampu menghasilkan agar dengan kekuatan gel (*gelling agent*) yang baik (Drum, 2013). Olahan lain yang memanfaatkan *Gracilaria* sp. adalah salad dan sup, di bidang lain juga dimanfaatkan untuk pakan, abalon, calon potensial untuk nutrisi removal pengolahan limbah, dan biomassa (Sahu & Sahoo, 2013).



Gambar 7. *Gracilaria* sp. (Othman dkk., 2015)

Klasifikasi *Gracilaria* sp. menurut (Anggadiredja dkk., 2006) adalah sebagai berikut:

Divisio	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Bangsa	: Gigartinales
Suku	: Gracilariaceae
Marga	: Gracilaria
Jenis	: <i>Gracilaria</i> sp.

Gracilaria sp. kaya serat alami, rendah kalori sehingga baik dikonsumsi untuk diet (Rahma, 2014). Serat ini mampu mencegah terjadinya konstipasi, obesitas, ambien, dan kanker saluran pencernaan dengan mekanisme memperlancar metabolisme tubuh, menimbulkan efek kenyang, mengurangi lemak darah, dan menurunkan kadar gula dalam darah. Galaktan dan selulosa pada *Gracilaria* sp. dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku penghasil bioetanol (Adini dkk., 2015).

Kilinç dkk., (2013) menyatakan bahwa komponen utama rumput laut *Gracilaria* sp. adalah karbohidrat polisakarida dan protein serupa gandum. Kandungan utama semua jenis rumput laut adalah karbohidrat dalam struktur polisakarida (pati dan gula) yang tinggi yakni 70% (Hasanah, 2007). Senyawa fitokimia aktif yang terdapat dalam rumput laut *Gracilaria* sp. yaitu karotenoid, terpenoid, xantofil, phycobilins, asam lemak tak jenuh, polisakarida, vitamin, sterol, tocopherol dan phycocyanins (Francavilla dkk., 2013). Komposisi kimia *Gracilaria* sp. disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi Kimia *Gracilaria* sp.

Parameter	Kandungan (%)	
	<i>Gracilaria</i> sp ^a	<i>Gracilaria</i> sp ^b
Kadar air	19,01	14,55-24,09
Protein	4,17 ^c	3,05-4,05
Karbohidrat	42,29	-
Lemak	9,54	0,11-0,37
Serat kasar	10,51	-
Abu	14,18	7,64-13,75
Agar-agar	-	74,36-97,55

Sumber: ^aSoegiarto *et al.* (1978), ^bSusanto *et al* (1978), ^c6,25x total N

Secara umum proses ekstrusi untuk membuat beras analog hampir sama dengan proses pembuatan produk-produk ekstrusi lainnya. Terdapat empat tahapan dalam pembuatan beras analog secara ekstrusi yakni: formulasi, prekondisi, ekstrusi dan pengeringan (Chessari dan Sellaheewa, 2001).

A. Formulasi

Tahap pertama pembuatan beras analog yakni formulasi, tujuannya untuk mencampurkan bahan baku sesuai komposisi yang diformulasikan. Pati atau tepung merupakan bahan baku utama pembuatan beras analog, harus digiling agar memiliki ukuran partikel lebih kecil dan lolos uji partikel No. 10 serta tertahan No.300 *standard mesh screen* US (Mishra, dkk., 2012). Lipid dan komponen minor seperti pengikat, emulsifier dan mineral ditambahkan dalam jumlah tertentu. Formulasi pembuatan beras analog harus mengandung cukup fraksi pati yang cukup, sehingga adonan tergelatinisasi sempurna dan membentuk struktur yang kompak. Pembuatan beras analog dapat menggunakan bahan pengikat partikel yang bersifat hidrokoloid (*binder agent*) (Budi, dkk., 2013). Beberapa formulasi pembuatan beras analog yang pernah dilakukan oleh penulis terdapat pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10. Beras analog yang pernah dibuat oleh penulis terbuat dari pati garut. Pati garut kemudian diformulasikan dengan puree buah naga dan ekstrak wortel, ekstrak brokoli dan ekstrak daun kelor; serta ekstrak rumput laut *Gracilaria* sp dan rempah-rempah.

Tabel 8. Formulasi Komposisi Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Puree Buah Naga Merah dan Ekstrak Wortel

Perlakuan	Pati Garut (g)	Air (ml)	Buah Naga Merah (ml)	Wortel (ml)
A	500	75	25	-
B	500	50	50	-
C	500	25	75	-
D	500	75	-	25
E	500	50	-	50
F	500	25	-	75

Tabel 9. Formulasi Komposisi Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Brokoli dan Ekstrak Daun Kelor

Perlakuan	Pati Garut (g)	Air (ml)	Daun Kelor (ml)	Brokoli (ml)	Ekstrak Rumput Laut (g)
G	500	75	25	-	15
H	500	62,5	37,5	-	15
I	500	50	50	-	15
J	500	75	-	25	15
K	500	62,5	-	37,5	15
L	500	50	-	50	15

Tabel 10. Formulasi Komposisi Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Rumput Laut dan Rempah

Perlakuan	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Pati Garut (g)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Air (ml)	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Bawang Merah (g)	35	15	25	35	15	25	35	15	25
Bawang Putih (g)	15	35	25	15	35	25	15	35	25
Jahe (g)	4	8	6	4	8	6	4	8	6
Sereh (g)	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Kunyit (g)	9	5	7	9	5	7	9	5	5
Garam (g)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GMS (g)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Rumput Laut (g)	5	5	5	10	10	10	15	15	15



a. Formulasi pati garut



b. Penambahan rempah-rempah



c. Adonan beras analog pati garut dengan buah naga



d. Adonan beras analog pati garut dengan brokoli



e. Adonan beras analog pati garut dan mocaf dengan rempah dan rumput laut

Gambar 8 Formulasi dan Pencampuran Adonan Beras Analog

B. Prekondisi

Tahap kedua adalah prekondisi (*pre-conditioning*). Pada tahap ini adonan akan mengalami proses pengukusan pada suhu 80-90°C sehingga sebagian adonan salam keadaan semigelatinisasi (Misra dkk., 2012). Kondisi pada suhu 80-90°C dipertahankan hingga adonan masuk ke dalam ekstruder. Peranan prekondisi yakni meningkatkan keseragaman hidrasi partikel, mengurangi waktu tinggal adonan di dalam ekstruder. Waktu tinggal yang cukup diperlukan untuk memberikan menjaga keberlangsungan proses difusi uap air dan perpindahan panas dari permukaan adonan menuju bagian dalam partikel (Riaz, 2000). Dengan demikian campuran bahan baku beras analog akan terplastisasi di dalam alat prekondisi dan bisa dialirkan ke ekstruder. Sebelum masuk ke dalam ekstruder mikronutrient seperti vitamin dan antioksidan dapat ditambahkan untuk meningkatkan nilai gizi beras analog yang dihasilkan nantinya (Steiger, 2010).



Gambar 9. Proses Pengukusan Adonan Beras Analog Selama 30 Menit

C. Ekstrusi

Prinsip kerja dari ekstruder yaitu bahan dimasukkan ke dalam corong berbentuk laras atau tabung berulir secara berkesinambungan. Adonan akan diputar dengan ulir sehingga menyebabkan dorongan ke bagian die. Selama proses ini berlangsung akan terjadi gaya

tekan dan gaya gesekan pada panas antara ulir dan bahan yang menimbulkan kalor penghantar panas pada adonan. Pemotong pisau yang berputar akan memotong dengan cepat adonan yang keuar dari die dengan bentuk menyerupai beras padi. Adonan yang bermula memiliki tekanan 70-150 atm dan suhu 120-160°C mengalami penurunan tekanan dan suhu setelah keluar dari die. Suhu akan menurun karena menguap ke udara, sehingga tercipta rongga udara di dalam bahan dan sekaligus tertariknya molekul bahan. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya proses pengembangan bahan (Haryanto, 2011).

Pada tahap ketiga yakni ekstrusi, adonan mengalami pemanasan lagi dengan suhu lebih tinggi. Adonan dalam tahapan ini juga mengalami homogenisasi, pengaliran (*shearing*) dan pembentukan saat keluar dari die. Proses degradasi pati menjadi molekul yang lebih kecil diminimalisir, sehingga fungsi beras analog sebagai sumber karbohidrat dapat dipertahankan. Proses pembuatan beras analog secara ekstrusi dapat menggunakan ekstruder ulir tunggal maupun ulir ganda. Kelebihan ekstruder ulir ganda yakni kemampuan dan fleksibilitas lebih besar dalam mengendalikan parameter dan proses produk, desain yang fleksibel dengan kemudahan merawat *screw* dan *barrel* menjadi alasan kenapa ekstruder ulir ganda banyak digunakan (Guy, 2001). Selama ekstrusi, pati mengalami perubahan fisikokimia yang jauh berbeda dari sifat produk awalnya (Kadan dan Pepperman, 2002). Perubahan fisiko kimiaseperti pati tergelatinisasi dan protein terdenaturasi selama proses ekstrusi dapat menghasilkan sifat fungsional baru (Bryant dkk., 2001).

Untuk menghasilkan beras analog yang memiliki sifat-sifat kimia, fisika, penanaman dan tekstur yang mirip dengan beras perlu memperhatikan beberapa variabel dan parameter yang terlibat dalam proses ekstrusi. Variabel-variabel tersebut meliputi variabel input yang terdiri dari komposisi bahan (pati, protein, serat, lemak), kadar air, ukuran partikel dan aditif dan variabel proses yang berkaitan dengan kondisi operasional proses seperti suhu, laju air umpan, kecepatan *screw* dan pisau pemotong (Sumardiono, 2017).



a. Proses ekstrusi beras analog pati garut dengan puree buah naga merah



b. Proses ekstrusi beras analog pati garut dengan brokoli

Gambar 10. Proses Ekstrusi Beras Analog

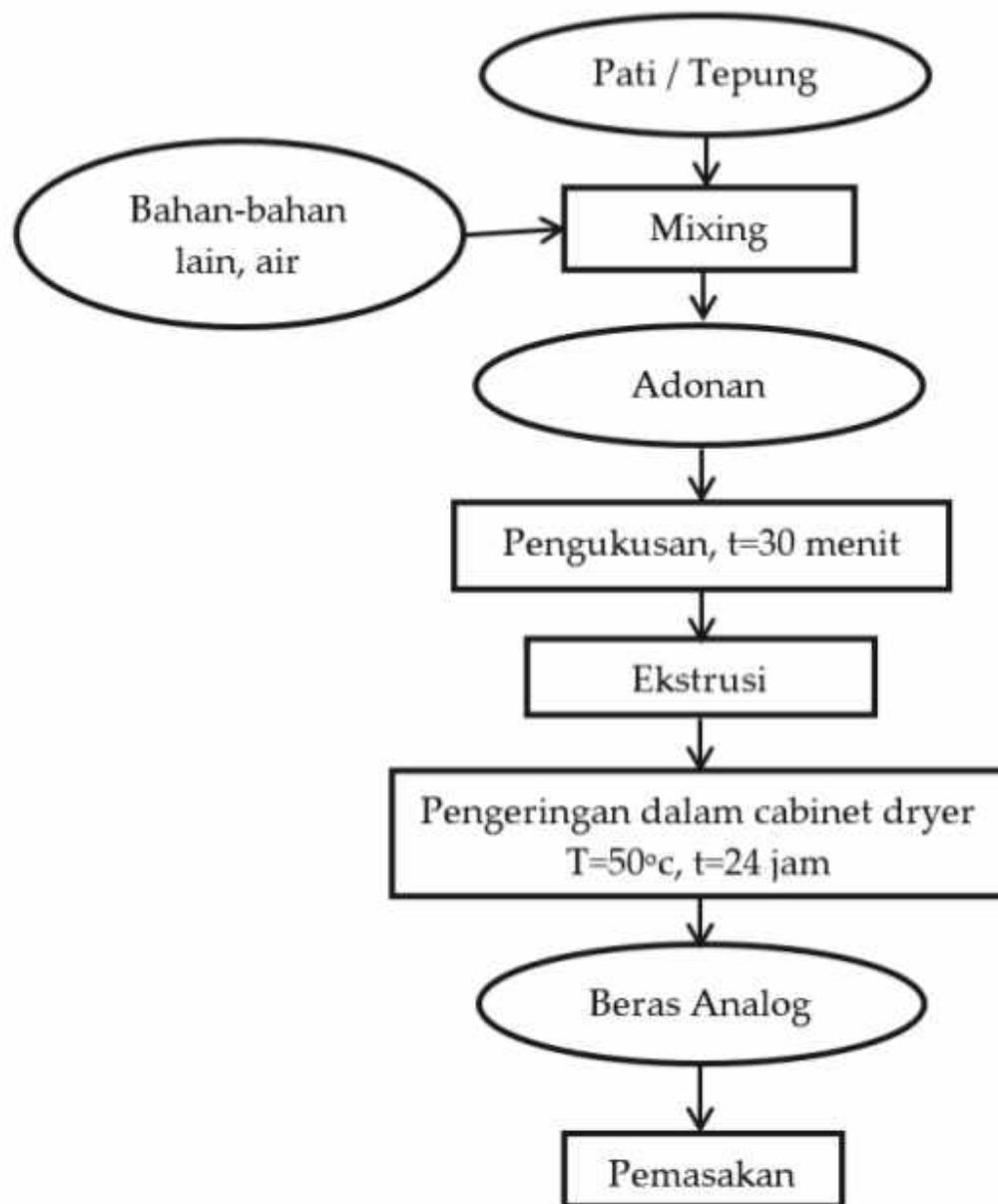
D. Pengeringan

Beras analog yang diperoleh harus dikeringkan untuk mencapai kadar air kurang dari 15% agar memiliki umur simpan yang cukup panjang (Kato, 2006; Steiger, 2010; Widara, 2012). Pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan energi matahari maupun dengan alat pengering seperti pengering tray, pengering putar, pengering unggun terfluidisasi dan sebagainya (Mishra, dkk., 2012). Skala industri kapasitas besar dapat menggunakan instrumen pengering putar atau terfluidisasi yang beroperasi secara kontinu dengan kapasitas yang besar (Kato, 2006; Steiger, 2010). Produk beras analog kemudian dibungkus dalam kemasan yang rapat dan vakum untuk mencegah tumbuhnya jamur dan berkembangnya bakteri.

Menurut Teruo, *dkk.*, (2014) pengeringan beras analog dilakukan pada suhu di bawah 80°C hingga kadar airnya 5-15%. Pada beberapa penelitian diketahui suhu dan waktu yang digunakan untuk mengeringkan beras analog berbeda-beda. Pada penelitian Revialdy (2012) menggunakan suhu 55°C selama 24 jam menggunakan oven untuk mengeringkan beras analog onggok terfermentasi dan ketan hitam. Hariyanto, *dkk.*, (2017) menggunakan suhu 50°C selama 12 jam menggunakan pengering kabinet untuk mengeringkan beras analog dari pati sagu dan tepung kacang merah. Lumba, *dkk.*, (2012) menggunakan suhu 60°C selama 6 jam menggunakan oven untuk mengeringkan beras analog dari tepung daluga, sedangkan Diniyah, *dkk.*, (2016) mengeringkan beras analog dari mocaf, tepung jagung, dan tepung ubi jalar ungu selama 6 jam dengan penjemuran.

E. Pemasakan

Beras analog dapat dimasak menggunakan *rice cooker* maupun dimasak secara tradisional menggunakan dandang penanak nasi. Metode pemasakan beras analog dengan dandang dengan cara: dandang diisi air hingga batas tera dan dimasak hingga mendidih, beras analog diletakkan di atas sarangan dandang, kemudian disiram menggunakan air. Pemasakan beras analog berlangsung 10-15 menit dengan 2-3 kali penyiraman air. Penggunaan air untuk menyiram yakni dua kali lipat dari berat volume beras yang dimasak. Ciri-ciri nasi yang telah matang adalah tidak memiliki bintik berwarna putih pada bagian tengah dan tekstur berubah menjadi kenyal (Widara, 2012).



Proses Pembuatan Beras Analog (Santosa *dkk.*, 2016)

Beras analog memiliki sifat yang berbeda-beda tergantung komposisi bahan yang digunakan, salah satunya yaitu komposisi kimia. Kandungan kimia beras analog yang dihasilkan dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan. Penulis telah melakukan beberapa penelitian mengenai beras analog, yaitu beras analog dari pati garut dengan penambahan puree buah naga dan ekstrak wortel, beras analog dari pati garut dengan penambahan ekstrak brokoli dan kelor, beras analog dengan pati garut dengan penambahan rempah-rempah.

Rata-rata kadar air beras analog pati garut pada perlakuan sumber antioksidan yang berbeda, yaitu puree buah naga merah dan ekstrak wortel dapat dilihat pada Gambar 11. Rata-rata kadar air beras analog dengan perlakuan penambahan puree buah naga sebesar 9,22%, sedangkan rata-rata kadar air beras analog dengan perlakuan penambahan ekstrak wortel sebesar 9,04%. Hal ini dikarenakan kadar air pada buah naga merah dan ekstrak wortel tidak berbeda jauh. Menurut Warisno dan Dahana (2010) kandungan air pada buah naga merah sebanyak 90,20%, dan menurut Cahyono (2002) wortel mengandung air juga cukup banyak yaitu 88,20%.



Gambar 11. Histogram Kadar Air Beras Analog pada Perlakuan

Rata-rata kadar air beras analog pada perlakuan persentase sumber antioksidan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 11. Kadar air beras analog dari pati garut ini telah memenuhi standar kadar air beras di Indonesia dengan kadar air di bawah 14% yaitu berkisar antara 8,48-9,23%. Semakin tinggi persentase penambahan buah naga merah atau wortel, maka kadar air beras analog semakin tinggi, karena semakin banyak persentase buah naga dan wortel yang ditambahkan akan semakin meningkatkan kadar air pada bahan. Menurut Khairunnisa (2017), dengan kadar air yang rendah, beras analog dapat memiliki daya simpan yang lama. Hal ini dikarenakan kerusakan akibat pertumbuhan jamur dapat dicegah.

Tabel 11. Rerata Kadar Air Beras Analog pada Perlakuan Persentase Sumber Antioksidan

Persentase Sumber Antioksidan (%)	Kadar Air (%)
5	8,48 a
10	9,23 b
15	9,69 b

7
Komposisi kimia beras analog pati garut dengan penambahan puree buah naga merah dan ekstrak wortel dapat dilihat pada Tabel 12. Kadar abu beras analog berkisar antara 0,46-2,52%. Kadar abu beras analog dengan penambahan puree buah naga merah lebih besar jika dibandingkan beras analog dengan penambahan ekstrak wortel. Hal ini dikarenakan kadar abu yang terdapat di dalam buah naga merah lebih besar dibandingkan wortel. Selain itu, karena pada puree buah naga merah tidak dilakukan penyaringan sehingga biji buah naga merah atau bahan pengotor terikut ke dalam puree buah naga merah. Kadar abu beras analog akan semakin meningkat dengan meningkatnya persentase puree buah naga dan ekstrak wortel yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan semakin besar persentase penambahan puree buah naga merah dan ekstrak wortel akan meningkatkan kandungan mineral yang terdapat di dalam beras analog. Menurut Mahmud dalam Wibowo dkk. (2014), kadar abu pada wortel sebesar 0,6%, sedangkan menurut Crane (2005), kadar abu pada buah naga merah sebesar 0,68%.

5
Kadar lemak beras analog berkisar antara 0,25-0,73%. Menurut Noviasari, dkk. (2017), kandungan lemak yang rendah dapat mencegah beras mudah tengik dan memperpanjang masa simpan. Kadar lemak beras analog dengan penambahan puree buah naga merah lebih besar jika dibandingkan beras analog dengan penambahan ekstrak wortel. Hal ini dikarenakan kandungan lemak yang terdapat di dalam buah naga merah lebih besar dibandingkan wortel.

Kadar lemak beras analog akan semakin meningkat dengan meningkatnya persentase puree buah naga dan ekstrak wortel yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan semakin besar persentase penambahan buah naga merah dan wortel akan meningkatkan kandungan lemak yang terdapat di dalam beras analog. Kandungan lemak pada buah naga merah sebesar 0,61% (*Taiwan Food Industry Develop and Research Authoritis*, 2007), sedangkan menurut Apriantini (2009), kadar lemak pada wortel hanya sebesar 0,24%.

Kadar protein beras analog beras berkisar antara 1,53-2,51%. Kadar protein beras analog dengan penambahan puree buah naga merah lebih besar jika dibandingkan beras analog dengan

penambahan ekstrak wortel. Kadar protein beras analog akan semakin menurun dengan meningkatnya persentase buah naga dan wortel yang ditambahkan. Menurut Noviasari, *dkk.* (2017), kadar protein pada beras analog sangat dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan.

Kadar karbohidrat beras analog berkisar antara 85,48-89,50%. Kadar karbohidrat beras analog dengan penambahan puree buah naga merah lebih kecil jika dibandingkan beras analog dengan penambahan ekstrak wortel. Hal ini dikarenakan kandungan karbohidrat pada buah naga merah lebih kecil yaitu 1,48 gram/100 gram jika dibandingkan kandungan karbohidrat pada wortel yaitu 9,58 gram/100 gram. Kadar karbohidrat beras analog akan semakin menurun dengan meningkatnya persentase puree buah naga dan ekstrak wortel yang ditambahkan.

Tingginya kandungan karbohidrat yang tinggi disebabkan karena bahan baku berasal dari pati yang merupakan sumber karbohidrat. Beras analog ini dapat dijadikan alternatif makanan pokok sumber karbohidrat (Noviasari, *dkk.*, 2017).

Total kalori beras analog berkisar antara 355-367%. Total kalori beras analog dengan penambahan puree buah naga merah lebih rendah jika dibandingkan dengan beras analog yang ditambahkan ekstrak wortel. Total kalori beras analog akan semakin menurun dengan meningkatnya persentase puree buah naga merah dan ekstrak wortel yang ditambahkan. Total kalori yang tinggi pada beras analog dipengaruhi oleh kadar protein dan kadar karbohidrat yang tinggi, meskipun kadar lemak pada beras analog rendah. Semakin tinggi kadar protein, karbohidrat, dan lemak, maka semakin besar energi yang disumbangkan oleh zat tersebut, sehingga semakin besar pula energi total dari beras analog. Tingginya karbohidrat dan energi yang dihasilkan dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti beras. Beras analog memiliki kalori yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beras yang ada di pasar yaitu hanya 339 kkal.

Tabel 12. Komposisi Kimia Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Puree Buah Naga Merah dan Ekstrak Wortel

Sumber Antioksidan	(%)	Kadar Abu (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Karbohidrat (%)	Total Kalori (kkal)
Puree buah naga merah	5	0,46 a	0,48 b	2,51 c	88,22 c	367,23 d
	10	1,43 b	0,40 b	2,18 b	86,63 b	358,82 b
	15	2,52 c	0,73 c	1,64 a	85,48 a	355,07 a
Ekstrak wortel	5	0,45 a	0,25 a	1,53 a	89,50 d	366,36 d
	10	0,48 a	0,26 a	2,48 c	87,67 c	362,96 c
	15	0,56 a	0,42 b	1,60 a	87,66 c	360,84 c

Komposisi kimia beras analog pati garut dengan penambahan ekstrak brokoli dan ekstrak daun kelor dapat dilihat pada Tabel 13. Kadar air beras analog berkisar antara 8,224-10,152%. Beras analog dengan ekstrak brokoli lebih tinggi dibandingkan esktrak daun kelor. Hal ini dikarenakan kadar air brokoli lebih tinggi dibandingkan dengan daun kelor. Berdasarkan uji bahan baku diketahui kadar air pada daun kelor sebesar 75% dan kadar air pada brokoli sebesar 89,30%.

Kadar air beras analog yang dihasilkan berisa antara 8-10%. Hasil tersebut telah memenuhi Standar Nasional Indonesia beras (2015) bahwa kadar air beras harus kurang dari 14%. Kadar air yang lebih rendah dari beras yang ada di pasaran ini sebabkan karena kadungan amilosa dan amilopektin pada pati garut. Tingginya kadar pati pada bahan juga akan mengakibatkan dalam penyerapan air. Besar rendahnya kadar air pada produk beras analog juga disebabkan dari kandungan kadar air pada bahan baku tersebut. Menurut Farida, dkk (2014) amilosa dan amilopektin pati garut adalah 24,64% dan 73,46%. Selain itu, adanya tahap pengukusan dan pengeringan pada proses pembuatan beras analog. Tahap pengukusan menyebabkan terjadinya gelatinisasi yang membentuk jaringan gel pati dan memungkinkan air terperangkap di dalamnya. Berdasarkan hasil

analisis ragam diketahui bahwa perlakuan sumber klorofil dan persentase sumber pigmen berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu beras analog.

Kadar abu beras analog berkisar antara 0,473-1,089%. Kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan ekstrak brokoli 10% sebesar 1,089% yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kadar abu terendah terdapat pada perlakuan penambahan ekstrak daun kelor 5% yaitu 0,473%, sedangkan perlakuan penambahan ekstrak daun kelor 10 % dan ekstrak brokoli 7,5% tidak berbeda nyata yaitu sebesar 0,947% dan 0,986%. Kadar abu menunjukkan besarnya kandungan mialal dalam suatu bahan (Winarno,2008).

Kadar abu beras analog dengan penambahan ekstrak brokoli lebih besar dibandingkan beras analog dengan penambahan ekstrak daun kelor. Hal ini dikarenakan kandungan kadar abu brokoli cukup besar. Selain itu pada proses ekstraksi terdapat beberapa bagian kepala bunga yang tidak terekstrak secara sempurna dan terikut saat pencampuran bahan. Sehingga hal ini mengakibatkan beras analog dengan penambahan ekstrak brokoli memiliki kadar abu lebih besar.

Kadar abu beras analog akan meningkat seiring dengan penambahan prosentase ekstrak. Hal ini dikarenakan semakin besar penambahan ekstrak daun kelor maupun ekstrak brokoli akan meningkatkan kandungan kadar abu dalam beras analog. Menurut USDA (2016), kadar abu brokoli sebesar 0,87%, sedangkan menurut Nomseo (2018), kadar abu total daun kelor yaitu 4,6%. Selain itu kandungan mineral dalam daun kelor dan brokoli juga dapat mempengaruhi kadar abu beras analog. Besarnya kadar abu pada suatu produk pangan bergantung pada besarnya kandungan mineral bahan yang digunakan (Fatkhurahman, dkk, 2012).

Kadar abu pada bahan pangan berkaitan erat dengan kandungan mineral dalam bahan pangan tersebut. Hasil kadar abu dalam penelitian ini tidak melebihi kadar abu beras analog pada penelitian sebelumnya. Menurut Noviasari *et al.* (2013) kadar abu beras analog sebesar 0,52-1,24% . Namun kadar abu beras pada penelitian ini di beberapa perlakuan melebihi kadar abu beras sosoh IR64 hasil penelitian Setianingsih (2008) yaitu 0,56%(bk).

Kadar protein beras analog berkisar antara 0,132-0,294 %. kadar protein tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan ekstrak daun kelor 10 % yaitu sebesar 0,294 % sedangkan kadar protein terendah terdapat pada perlakuan penambahan ekstrak brokoli 5 % yaitu 0,131 % yang memiliki notasi sama dengan penambahan ekstrak brokoli 7,5 yaitu sebesar 0,136%.

Beras analog dengan penambahan ekstrak daun kelor memiliki kandungan protein lebih tinggi yaitu berkisar antara 0,159-0,29% dibandingkan dengan beras analog dengan penambahan ekstrak brokoli yang berkisar antara 0,132-0,179%. Hal ini disebabkan karena penambahan bahan lain seperti ekstrak akan mempengaruhi kandungan dari beras analog yang dihasilkan. Selain itu, kadungan protein daun kelor lebih besar daripada brokoli. Menurut Krisnadi (2015) kandungan protein daun kelor sebesar 6,7%. Sedangkan kandungan protein pada brokoli sebesar 2,82% (USDA, 2016).

Protein merupakan salah satu makronutrien yang berperan dalam proses pembentukan biomolekul. Hasil kadar protein pada penelitian ini berkisar antara 0,159-0,29% yang lebih rendah dari penelitian sebelumnya. Menurut Lobies, dkk (2013) dalam penelitian beras analog berbahan tepung mocaf tanpa fortifikasi bahan lain, bahwa kadar protein beras analog yang dihasilkan berkisar antara 3,3-3,4%. Sedangkan menurut Hernawan (2016) kadar protein beras putih berkisar antara 6-8%. Hal ini dapat disebabkan oleh proses ekstruksi panas dalam pembuatan beras mocaf yang menyebabkan kerusakan protein. Selain itu beras yang tumbuh pada tanah yang kaya akan unsur N cenderung memiliki kadar protein yang tinggi.

Kadar lemak beras analog berkisar antara 0,541-3.335%. Lemak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh karena lemak merupakan sumber energi yang lebih efektif dibandingkan karbohidrat. Beras analog dengan kadar lemak tertinggi terdapat pada perlakuan ekstrak daun kelor 10% yaitu 3.335% sedangkan kadar lemak terendah terdapat pada penambahan ekstrak brokoli 5% yaitu sebesar 0,541 %.

Beras analog dengan penambahan ekstrak daun kelor memiliki kadar lemak yang lebih tinggi dibandingkan beras analog dengan

penambahan ekstrak brokoli. Hal ini dikarenakan kandungan gizi dari suatu bahan pangan akan mempengaruhi kandungan gizi produk pangan yang dihasilkan atau hasil olahannya. Menurut Krisnadi (2015) menyatakan bahwa kandungan lemak pada daun kelor segar yaitu sebesar 1,7 gram per 100 gram bahan. Sedangkan kadar lemak brokoli yaitu sebesar 0,37 gram per 100 gram bahan (USDA, 2016).

Tingginya kadar lemak yang mencapai 3.335% dari beras analog yang dihasilkan juga akibatkan adanya bahan-bahan tambahan lain yang mengandung lemak. Pada pembuatan beras analog ini juga terdapat penambahan rumput laut *Gracilia* Sp. dan GMS (*Glycerol Mono Stearat*). Menurut Chaidir (2007) rumput laut *Gracilia* Sp. memiliki kadar lemak sebesar 11,05 % per 100 gram berat kering. *Glycerol Monostearat* (GMS) atau juga dikenal dengan *acylglycerols* merupakan hasil diesterifikasi dari gliserol dengan asam lemak. GMS diperoleh dari lemak hewan dan tumbuhan, serta juga diproduksi melalui sintesis (Chemicaland, 2011).

Kadar lemak pada beras analog ini berkisar antara 0,541-3.335%. Dalam SNI kandungan lemak tidak termasuk ke dalam persyaratan mutu nasi yang ditetapkan karena umumnya tergolong rendah. Menurut penelitian sebelumnya Noviasari *et al.* (2013) kadar lemak beras analog berkisar antara 1,20-1,96%. Hasil kadar lemak pada penelitian ini di beberapa perlakuan melebihi kadar lemak penelitian sebelumnya. Hal ini dikarenakan adanya penambahan bahan lain yang memiliki kandungan lemak cukup tinggi.

Kadar karbohidrat beras analog berkisar antara 85,583-90,583%. Kadar karbohidrat tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan ekstrak brokoli 5% yaitu sebesar 90,583%, sedangkan kadar karbohidrat terendah pada perlakuan penambahan ekstrak daun kelor 10% yaitu sebesar 85,583%. Hasil uji kadar karbohidrat menunjukkan kadar karbohidrat beras analog dengan penambahan ekstrak brokoli memiliki kandungan karbohidrat lebih tinggi daripada beras analog dengan penambahan ekstrak daun kelor. Hal ini tidak sesuai dengan literatur yang menyatakan kadar karbohidrat daun kelor segar sebesar 13,4 % (Krisnadi,2015), dan menurut USDA (2016) kadar karbohidrat brokoli sebesar 6,64%. Ketidaksesuaian ini disebabkan karena

kadar karbohidrat dipengaruhi oleh kandungan komponen lainnya seperti air, abu lemak, dan protein. Selain itu juga dipengaruhi oleh komponen-komponen lain yang ditambahkan pada saat pembuatan beras analog.

Kadar karbohidrat beras analog semakin menurun dengan bertambahnya persentase ekstrak daun kelor dan ekstrak brokoli yang ditambahkan. Menurut Fatkhurahman, dkk (2012) kadar karbohidrat yang dihitung secara *by difference* dipengaruhi oleh komponen nutrisi lain yaitu air, abu, lemak dan protein. Semakin tinggi komponen nutrisi lain, maka kadar karbohidrat semakin rendah dan sebaliknya apabila komponen nutrisi lain semakin rendah, maka kadar karbohidrat semakin tinggi.

Kadar karbohidrat beras analog yang berkisar antara 85,583-90,583% memiliki kadar karbohidrat lebih tinggi dibandingkan dengan kadar karbohidrat beras sosoh yang biasa dikonsumsi yaitu sebesar 79% (USDA, 2009). Pada penelitian sebelumnya menurut Agusman et al. (2014), Noviasari et al. (2013), Wijaya et al. (2012) dan Budijanto dan Yulianti (2012) dengan rata rata nilai karbohidrat >85%. Hal ini disebabkan karena beras analog yang dibuat berbahan dasar dari pati garut yang tinggi akan karbohidrat. Kadar karbohidrat umbi garut per 100-gram sebesar 85,2 gram (Mien dkk., 2009). Karbohidrat merupakan komponen yang menyumbangkan energi terhadap tubuh. Tingginya karbohidrat dalam umbi garut diharapkan mampu sebagai diversifikasi pangan sebagai pangan fungsional. Menurut data BPS (2011) Asupan kalori masyarakat Indonesia juga paling tinggi diperoleh dari karbohidrat jenis padi-padian yaitu lebih dari 900Kal/hari/kapita.

Total kalori beras analog berkisar antara 361,115-374,303 kkal. Total kalori beras analog dengan penambahan ekstrak daun kelor 7,5% dan 10% tidak berbeda nyata yaitu 374,303 kkal dan 373,527 kkal sedangkan kadar kalori terendah terdapat pada perlakuan penambahan ekstrak brokoli 10 % yaitu 361,115. Hal ini dikarenakan total kalori daun kelor lebih tinggi dibandingkan total kalori brokoli. Menurut (DKBM) total kalori daun kelor sebesar 82 kkal dan brokoli sebesar 34 kkal.

Hasil uji kadar kalori menunjukkan bahwa beras analog dengan penambahan ekstrak brokoli memiliki total kalori lebih rendah dibandingkan beras analog dengan penambahan ekstrak daun kelor. Total kalori beras analog semakin menurun seiring bertambahnya persentase ekstrak daun kelor dan ekstrak brokoli yang ditambahkan. Total kalori beras analog dipengaruhi oleh kandungan nutrisi lain yaitu karbohidrat, protein dan lemak. Semakin tinggi ketiga komponen tersebut, maka semakin tinggi energi yang disumbangkan, sehingga total energi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Total kalori beras analog ini lebih tinggi dibandingkan dengan total kalori beras yang biasa dikonsumsi yaitu 360 kkal (Larasati, 2013).

Komposisi kimia beras analog pati garut dengan penambahan rumput laut dan rempah-rempah dapat dilihat pada Tabel 14. Kadar air beras analog berkisar antara 8,504-10,482%. Hasil uji kadar air dapat menunjukkan semakin tinggi persentase penambahan rumput laut, maka kadar air beras analog meningkat. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisis ragam untuk rumput laut berbeda sangat nyata. Menurut Chaidir (2007) kadar air *Gracilaria* sp. 89,91%, sehingga semakin meningkatnya penambahan rumput laut akan meningkatkan persentase kadar air beras analog. Hal ini sesuai dengan penelitian Rasyid (2015), bahwa penambahan rempah tidak berpengaruh terhadap kadar air beras analog.

Tabel 13. Komposisi Kimia Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor dan Ekstrak Brokoli

Sumber Klorofil	(%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Karbohidrat (%)	Total Kalori (kkal)
Ekstrak Daun Kelor	5	8,22 d	0,47 e	1.38 c	0,16 cd	89,49 b	371,02 b
	7,5	8,71 cd	0,66 d	2.35 b	0,24 b	88,04 c	374,30 a
	10	9,72 ab	0,95 b	3.34 a	0,29 a	85,58 d	373,53 a
Ekstrak Brokoli	5	8,480d	0,86 c	0.54 e	0,13 d	90,58 a	367,73 c
	7,5	9,31 bc	0,99 b	0.76 de	0,14 d	89,01 b	363,45 d
	10	10,15 a	1,09a	1.08 cd	0,18 c	87,67 d	361,12 e

Kadar air juga dipengaruhi oleh bahan baku beras analog yaitu pati garut. Menurut Farida, dkk (2014) amilosa dan amilopektin pati garut sebesar 24,64% dan 73,46%. Proses pengolahan beras analog seperti pengukusan yang menyebabkan terjadinya gelatinisasi. Gelatinisasi pati terjadi karena granula pati yang berupa amilosa dan amilopektin menyerap air. Penyerapan air terus meningkat dengan peningkatan suhu pemanasan, sehingga menyebabkan granula pati membesar dan terbentuk matriks gel. Proses tersebut membentuk jaringan gel pati dan memungkinkan air terperangkap di dalamnya. Selain pengukusan proses pengeringan beras analog selama 20 jam menggunakan *cabinet dryer* dapat mempengaruhi kadar air beras analog. Pengeringan dilakukan untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air dari bahan dengan cara diuapkan. Pada proses pengeringan bahan pangan yang dikeringkan akan kehilangan sebagian besar air dan menyebabkan pemekatan bahan yang tertinggal seperti karbohidrat, protein, lemak dan lain-lain. Proses pengeringan memungkinkan molekul air dalam beras analog tidak mudah terdehidrasi dimana amilopektin lebih dapat menahan pelepasan molekul air, sedangkan amilosa cenderung mudah mengalami sineresis (Panjaitan, 2017)

Kadar abu beras analog berkisar antara 1,115-1,261%. Kadar abu dapat menunjukkan total mineral dalam suatu bahan pangan. Namun, kadar abu tidak selalu ekuivalen dengan bahan mineral karena adanya beberapa mineral yang hilang selama volatilisasi atau interaksi antar konstituen. Hasil uji kadar abu pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Menurut Rasyid (2015), kadar abu beras analog dengan penambahan rempah bubuk 1% sebesar 0,072%.

Kadar abu suatu bahan berkaitan dengan kandungan mineral pada bahan tersebut. Menurut penelitian Agusman, dkk. (2014) beras analog berbahan MOCAF hasil statistiknya menunjukkan tidak ada pengaruh nyata penambahan rumput laut terhadap kandungan abu dari beras analog

Kadar protein beras analog berkisar antara 0,131-0,212%. Hasil uji kadar protein menunjukkan bahwa semakin meningkatnya penambahan rumput laut akan meningkatkan kadar proteinnya.

Serupa dengan hasil analisa ragam yang menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap kadar protein rumput laut. Menurut Princestasari, dkk. (2015), kadar protein yang terdapat pada rumput laut *Gracillaria* sp. sebesar 16,83%, sehingga semakin tinggi penambahan rumput laut akan meningkatkan kandungan protein pada beras analog, sedangkan hasil dari analisis ragam terhadap perbedaan rempah tidak berpengaruh nyata.

Denaturasi protein terjadi akibat adanya panas dan gesekan yang terjadi di dalam ekstruder saat proses ekstruksi sedang berlangsung. Perubahan konfirmasi struktur protein menjadu struktur tersier dan kuartener disebut denaturasi protein. Fenomena denaturasi protein membentuk konfirmasi baru dari struktur yang ada. Efek samping dari terjadinya denaturasi adalah penurunan kelarutan, hilangnya aktivitas biologi, dan protein yang mudah dipecah oleh enzim proteolitik. Menurut Akdogan (2000) kadar protein yang dihasilkan sangat tergantung pada kondisi operasi ekstruder dan bahan-bahan yang digunakan.

Lemak merupakan senyawa yang bersifat tidak larut air namun larut dalam pelarut organik. Lemak juga merupakan salah satu makronutrisi yang penting sebagai sumber energi. Kadar lemak beras analog berkisar antara 1,378-3,078%. Menurut Chaidir (2007) rumput laut *Gracillaria* sp. memiliki kadar lemak 11,05%, sehingga dengan meningkatnya jumlah penambahan rumput laut akan meningkatkan kadar lemak beras analog, sedangkan hasil analisa ragam menunjukkan bahwa rempah tidak berpengaruh nyata terhadap kadar lemak.

Menurut Muslikatin (2012) dalam penelitian beras analog dari bahan dasar menir dengan teknologi ekstruksi, kadar lemak beras analog berkisar antara 0,34-0,62%. Tingginya kadar lemak pada beras analog hingga 3,078% diduga kadar lemak pada beras analog juga dipengaruhi dengan adanya tambahan bahan lain yang mengandung lemak pada proses pembuatan beras analog. Penambahan GMS (*Glycerol Mono Stearat*) atau *acylglycerols*. GMS merupakan hasil diesterifikasi dari gliserol dengan asam lemak. *Glycerol Mono Stearat* diperoleh dari lemak hewan dan timbuan serta juga diproduksi melalui sintesis (Darmanto, dkk., 2017).

Kadar karbohidrat beras analog berkisar antara 86,041-89,362%. Kadar karbohidrat yang dihitung secara *by different* dipengaruhi oleh komponen nutrisi lainnya. Semakin rendah komponen nutrisi lain, maka kadar karbohidrat akan semakin tinggi. Sedangkan bila semakin tinggi komponen nutrisi lain, maka kadar karbohidrat akan semakin rendah. Nutrisi yang mempengaruhi kadar karbohidrat adalah protein, lemak, air, dan abu. Kadar karbohidrat pada beras analog dipengaruhi oleh penggunaan bahan baku berupa pati garut yang memiliki kandungan karbohidrat sebesar 98,74%. Perbedaan kandungan karbohidrat pati garut dapat disebabkan oleh umur panen dan varietas umbi garut.

Tabel 14. Komposisi Kimia Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Rumput Laut dan Rempah

R. Laut (%)	Formula Rempah	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Karbohidrat (%)
1	M	8,71bc	1,26a	1,44c	0.14	88.94
1	N	8,71b	1,15c	1,38b	0.13	89.09
1	O	8,50a	1,25ab	1,15a	0.13	89.36
2	P	9,78f	1,13c	2,13ef	0.18	87.50
2	Q	9,46e	1,13ab	2,11de	0.18	87.85
2	R	9,07d	1,17ab	2,08d	0.19	88.22
3	S	10,56h	1,12ab	3,078gh	0.21	86.04
3	T	10,48h	1,15ab	3,044g	0.20	86.16
3	U	10,14g	1,14ab	3,061gh	0.20	86.50

Selain kandungan proksimat, ketiga jenis beras analog yang telah disebutkan sebelumnya juga memiliki sifat fungsional. Sifat fungsional yang dimiliki yaitu aktifitas antioksidan, total karoten, dan total klorofil. Aktifitas antikosidan serta total karoten pada beras analog dapat dilihat pada Tabel 15. Aktifitas antioksidan beras analog berkisar antara 3-14%. Beras analog yang ditambahkan dengan puree buah

naga merah aktifitas antioksidannya lebih tinggi jika dibandingkan dengan beras analog yang ditambahkan ekstrak wortel. Hal ini dikarenakan aktifitas antioksidan pada buah naga merah lebih tinggi jika dibandingkan dengan aktifitas antioksidan pada wortel.

7 Aktivitas antioksidan beras analog akan semakin meningkat dengan meningkatnya persentase buah naga dan wortel yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan semakin besar persentase penambahan puree buah naga merah dan ekstrak wortel akan meningkatkan aktifitas antioksidan yang terdapat di dalam beras analog. Aktifitas antioksidan yang terdapat dalam beras analog diketahui mengalami penurunan jika dibandingkan bahan awal yaitu buah naga merah dan wortel. Aktifitas antioksidan dari buah naga merah menurut Oktaviani (2011) diketahui sebesar 75,4%, sedangkan pada wortel menurut Algarra, *dkk.* (2014) sebesar 17,6%. Hal ini dikarenakan pada proses pembuatan beras analog terdapat tiga proses yang menggunakan panas, yaitu proses pengukusan atau pregelatinisasi, ekstrusi, dan pengeringan. Panas mengakibatkan kerusakan terhadap senyawa-senyawa yang memiliki sifat sebagai antioksidan, sehingga mengakibatkan kehilangan atau penurunan kemampuannya sebagai antioksidan (Dutta, *dkk.*, 2005; Kalt, 2005)

Oksidasi menyebabkan terjadinya penurunan aktifitas antioksidan karotenoid. Oksidasi dapat terjadi baik pada karotenoid dalam bentuk isomer trans maupun cis, yang dapat diikuti dengan reaksi-reaksi selanjutnya yang pada akhirnya menghasilkan senyawa-senyawa dengan massa molekul yang rendah. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna dan penurunan aktifitas biologis karotenoid (Rodriguez-Amaya, 2001). Dengan adanya pemanasan, dapat terjadi reaksi isomerisasi dan oksidasi, sehingga terjadi pembentukan isomer cis dan senyawa-senyawa hasil oksidasi yang memiliki jumlah ikatan rangkap yang lebih sedikit sehingga aktifitas antioksidannya menurun (Rodriguez-Amaya, *dkk.*, 2006; Foote, *dkk.*, 1970 dalam Dutta, *dkk.*, 2005).

Total karoten beras analog berkisar antara 0,05-0,11%. Beras analog yang ditambahkan dengan puree buah naga merah total karotennya lebih rendah jika dibandingkan dengan beras analog yang

ditambahkan ekstrak wortel. Hal ini dikarenakan total karoten pada buah naga merah lebih rendah jika dibandingkan dengan total karoten pada wortel. Total karoten beras analog akan semakin meningkat dengan meningkatnya persentase puree buah naga dan ekstrak wortel yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan semakin besar persentase penambahan buah naga merah dan wortel akan meningkatkan total karoten yang terdapat di dalam beras analog. Kandungan karoten yang terdapat di dalam buah naga sebesar 0,012mg/100 gram (Crane, 2005), sedangkan pada wortel sebesar 15mg/100 gram karotenoid, sebagian besar adalah β -karoten (2–10 mg) (Herrmann, 2001).

Bentuk antioksidan yang terdapat di dalam buah naga yakni asam askorbat, betakaroten, dan antosianin (Farikha *dkk.*, 2013). Buah naga merah memiliki betalains yang mengandung fenolik. Struktur non-fenolik yang bertanggung jawab terhadap kapasitas antioksidan utama yakni *Hylocereus* ungu, sedangkan fenolik non-betalainik memberikan sumbangsih terhadap senyawa hanya sampai batas kecil yaitu $7,21 \pm 0,02$ mg CE/100 gram. Betalains yang terkait dengan anthocyanin yaitu turunan flavonoid, merupakan pigmen kemerahan yang ditemukan di kebanyakan tanaman (Nurliyana, *dkk.*, 2010). *Quarcetin*, *isorhamnetin*, dan *kaempfenol* merupakan jenis flavonoid yang terkandung di dalam buah naga (Panjuantiningrum, 2009).

Wortel mengandung antioksidan yang dikenal sebagai β -karoten dimana dalam 100 g wortel mengandung 6 mg-15mg karotenoid, sebagian besar adalah β -karoten (2–10 mg). Selain itu, beberapa vitamin yang terdapat pada wortel dan berfungsi sebagai antioksidan antara lain asam askorbat yang terdapat pada vitamin C, β -karoten yang terdapat pada vitamin A, serta tokoferol dan α -tokoferol yang terdapat dalam vitamin E. (Shalini, 2012; Hermann 2001; Ali, *dkk.*, 2003)

Aktifitas antioksidan dan total klorofil pada beras analog pati garut dengan penambahan ekstrak brokoli dan ekstrak daun kelor terdapat pada Tabel 16. Aktivitas antioksidan beras analog berkisar antara 18.983-22.118%. Beras analog dengan penambahan sumber klorofil ekstrak daun kelor memiliki aktivitas aktioksidan lebih tinggi meskipun tidak terlalu berbeda nyata dengan beras analog penambahan ekstrak brokoli. Hal ini dikarenakan aktivitas antioksidan

pada daun kelor lebih tinggi daripada brokoli. Menurut hasil uji bahan baku aktivitas antioksidan daun kelor sebesar 47,24% dan brokoli sebesar 69,97%.

Tabel 15. Rerata Aktifitas Antioksidan dan Total Karoten Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Puree Buah Naga Merah dan Ekstrak Wortel

Sumber Antioksidan	Persentase (%)	Aktifitas Antioksidan (%)	Total Karoten (mg / 100g)
Puree buah naga merah	5	6,06 c	0,05 a
	10	7,37 d	0,06 b
	15	14,09 e	0,09 c
Ekstrak wortel	5	3,25 a	0,06 b
	10	4,53 b	0,09 c
	15	7,45 d	0,11 d

Aktivitas antioksidan yang terdapat dalam beras analog diketahui mengalami penurunan jika dibandingkan bahan awal yaitu daun kelor dan brokoli. Hal ini dikarenakan pada proses pembuatan beras analog terdapat tiga proses yang menggunakan panas, yaitu proses pengukusan atau pregelatinisasi, ekstrusi, dan pengeringan. Panas mengakibatkan kerusakan terhadap senyawa-senyawa yang memiliki sifat sebagai antioksidan, sehingga mengakibatkan kehilangan atau penurunan kemampuannya sebagai antioksidan (Dutta, *dkk.*, 2005; Kalt, 2005).

Aktivitas antioksidan beras analog semakin bertambah seiring bertambahnya persentase ekstrak yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan semakin tinggi persentase ekstrak semakin bertambah senyawa fitokimia yang terkandung didalam beras analog. Menurut Das *et al.* (2012), daun kelor mengandung tinggi antioksidan dan antimikrobia. Hal ini dikarenakan adanya kandungan asam askorbat, flavonoid, fenolik dan karotenoid (Anwar, 2007), selain itu tannin, saponin, antarquinon, alkaloid, steroid dan triterpenoid juga terkandung di dalam daun kelor. Kuarsetin dalam daun kelor memiliki

kekuatan antioksidan 4-5 kali lebih tinggi dibanding vitamin C dan vitamin E (Sutrisno, 2011). Sedangkan brokoli mengandung senyawa sianilhidraksibutena (CHB), sulforafan, dan liberin yang berguna untuk merangsang pembentukan glutathione, dimana sulforafan dapat mencegah penyakit kanker (Amilah, 2012).

Total klorofil beras analog berkisar antara 1,260 -2,723%. Total klorofil tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan ekstrak daun kelor 10 % yaitu sebesar 2,723%, sedangkan total klorofil terendah terdapat pada perlakuan penambahan ekstrak brokoli 5% yaitu 1,260%. Total Klorofil semakin bertambah seiring bertambahnya persentase ekstrak yang ditambahkan. Beras analog dengan penambahan ekstrak daun kelor memiliki total klorofil dua kali lebih tinggi daripada beras dengan penambahan ekstrak brokoli. Hal ini dikarenakan kandungan total klorofil pada daun kelor lebih tinggi daripada brokoli. Menurut hasil analisis bahan baku total klorofil daun kelor sebesar 12,68 mg/l dan total klorofil brokoli sebesar 6,21 mg/l. Besar kecilnya kadar klorofil dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain nilai pH, sumber pigmen, serta proses pengolahan. Pembentukan klorofil di dalam daun dapat dipengaruhi oleh cahaya matahari (Hidayat, 2008) dan umur daun dapat mempengaruhi total klorofil di dalam daun.

Tabel 16. Rerata Aktifitas Antioksidan dan Total Klorofil Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor dan Ekstrak Brokoli

Sumber Antioksidan	Persentase (%)	Aktifitas Antioksidan (%)	Total Klorofil (%)
Ekstrak Daun Kelor	5	19.75 c	2.05 c
	7,5	21.39 b	2.54 b
	10	22.08 a	2.72 a
Ekstrak Brokoli	5	18.98 d	1.26 e
	7,5	21.35 b	1.32 de
	10	22.12 a	1.39 d

Aktifitas antioksidan pada beras analog dengan penambahan ekstrak rumput laut dan rempah-rempah dapat dilihat pada Tabel 17. Aktivitas antioksidan beras analog berkisar antara 26,653-38,861%. Naik turunnya nilai aktivitas antioksidan disebabkan karena kandungan antioksidan pada rempah. Antioksidan pada beras analog ini didapatkan dari rempah. Banyaknya kunyit yang ditambahkan pada beras analog ini dari terbesar hingga terkecil adalah formulasi R1 dengan penambahan kunyit sebesar 9 gram, formulasi rempah R3 dengan penambahan kunyit sebesar 7 gram, dan yang terkecil formulasi rempah R3 dengan penambahan kunyit sebesar 5 gram. Menurut Rahayu (2010) rimpang kunyit diketahui banyak memiliki kandungan kimia, diantaranya mengandung glukosa, fruktosa, protein, minyak atsiri, dan kurkumin. Kurkumin adalah komponen penting yang memberikan warna kuning atau kuning jingga yang khas. Golongan senyawa polifenol dan berpotensi sebagai antioksidan dalam menangkal radikal bebas adalah kurkumin (Jayaprakasha *et al.*, 2005). Menurut Ravindran *et al.*, (2007) menunjukkan bahwa kadar kurkumin pada kunyit berkisar antara 2,7-10,9%.

Aktivitas antioksidan pada beras analog juga dipengaruhi oleh penambahan bawang merah pada formulasi rempah. Penambahan bawang merah pada formulasi rempah dari terbesar ke terkecil adalah formulasi R1 dengan penambahan bawang merah 35 gram, formulasi R3 dengan penambahan bawang merah 25 gram, dan yang terkecil formulasi rempah R2 dengan penambahan bawang merah sebesar 15 gram. Menurut Cita *dkk.*, (2010) sebanyak 29% dari flavonoid yang diperlukan oleh tubuh manusia dapat sekaligus dipenuhi dengan mengonsumsi bawang merah. Hal ini membuktikan bahwa bawang merah tergolong sumber polifenol antioksidan yang sangat baik. Penelitian yang dilakukan terhadap survei 29 jenis sayuran dan buah-buahan, menunjukkan bahwa bawang memiliki kandungan kuersetin tertinggi. Kuersetin (3',4'-dihidroksiflavanol) merupakan senyawa flavonoid dari kelompok flavonol dan diduga sebagai fitokimia flavonoid yang mempunyai kemampuan antioksidan paling kuat, sedangkan pada bawang putih senyawa aktif yang berfungsi sebagai antioksidan ialah *allicin*. Bawang putih yang dipotong atau

dihancurkan akan menyebabkan *allinase* mengkonversi allin menjadi *allicin* (*diallylthiosulphinate* atau *2-propenyl-2-propenethiol sulphinate*). Allicin bersifat tidak stabil sehingga mudah terurai. Kemampuan allicin dalam menekan produksi nitrat oksida (NO) dengan mekanisme pengendalian iNOS mRNA pada konsentrasi rendah dan pengendalian CAT-2 mRNA pada konsentrasi tinggi. Melalui mekanisme ini *allicin* mampu mencegah reaksi akibat adanya radikal bebas (Schwat *dkk.*, 2002). Rempah jahe juga memiliki kandungan antioksidan. Beberapa komponen utama jahe seperti gingerol, shogaol, dan gingeron memiliki aktivitas antioksidan. Rimpang jahe memiliki 0,8-3,3% minyak atsiri (Sari, 2016).

Semakin tinggi penambahan konsentrasi rumput laut maka aktivitas anti oksidan beras analog akan cenderung meningkat. Hal tersebut dikarenakan rumput laut *Gracillaria* sp. termasuk ke dalam alga merah (*Rhodophyta*). Menurut Tjitrosoepomo (2009) menyatakan bahwa filum Rhodophyta terkandung klorofil dengan *phycobilin* dan karotenoid.

Tabel 17. Rerata Aktifitas Antioksidan Beras Analog Pati Garut dengan Penambahan Ekstrak Rumput Laut dan Rempah

R. Laut (%)	Formula Rempah	Aktifitas Antioksidan (%)
1	1	34,72de
1	2	26,65a
1	3	32,99d
2	1	34,22de
2	2	28,08ab
2	3	29,71bc
3	1	38,86f
3	2	34,11de
3	3	35,61ef

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Beras analog merupakan solusi dari masalah ketergantungan beras yang selama ini terjadi. Selain mengatasi masalah ketergantungan terhadap beras, beras analog merupakan salah satu langkah diversifikasi pangan untuk mengangkat komoditas lokal dan juga sebagai solusi masalah kesehatan yang saat ini sering terjadi. Agar beras analog dapat mengatasi masalah kesehatan, maka dalam formulasi beras analog ditambahkan bahan-bahan yang memiliki sifat fungsional seperti antioksidan, dietary fiber, dan lain sebagainya. Beberapa beras analog yang telah dibuat oleh penulis yaitu beras analog dari pati garut dengan berbagai macam penambahan seperti penambahan puree buah naga merah dan ekstrak wortel, penambahan ekstrak daun kelor dan ekstrak brokoli, serta penambahan ekstrak rumput laut dan rempah. Perbedaan formulasi bahan yang digunakan menyebabkan kandungan dari setiap beras analog berbeda.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Agusman, Apriani, S.N.K., dan Murdinah. 2014. Penggunaan Tepung Rumput Laut *Eucheuma cottonii* pada Pembuatan Beras Analog dari Tepung Modified Cassava Flour (Mocaf). *JPB Perikanan*, 9(1), 1-10
- Agusta, A. 2000. *Minyak Atsiri Tumbuhan Indonesia*. Bandung: ITB.
- Akdogan, H. 2000. High Moisture Food Ekstrusion. *Journal Internasional of Food Science and Technology*. 34: 195-207
- Amilah, S. 2012. Penggunaan Berbagai Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Brokoli (*Brassica oleracea Varitalca*) dan Baby Kailan (*Brassica oleracea Var Alboglabra baley*). *Jurnal Wahana*, 25(2):10-16
- Anggadiredja, J. T., A. Zalnika., H. Purwoto & S. Istini. 2006. *Rumput Laut*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Ariesta, E., N. Setyono, Ardiati, S. Rahmat, dan Sofyan. 2004. *Simpul Pangan Yogya: Umbi-umbian yang Berjasa dan Terlupa*. Yogyakarta: Yayasan Kehati
- Astawan, M. 2004. *Pemanfaatan Iodium dan Serat Pangan dari Rumput Laut untuk Peningkatan Kecerdasan dan Pencegahan Penyakit Degeneratif*. Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat. IPB: Bogor.
- Astawan M, Wresdiyati, Koswara S. 2004. *Pemanfaatan Iodium dan Serat Pangan dari Rumput Laut untuk Peningkatan Kecerdasan dan Pencegahan Penyakit Degeneratif*. Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat, IPB. Bogor

- Astawan, M. 2008. *Sehat Bersama Aneka Pangan Serat Alami*. Solo: Tiga Serangkai.
- Binawati, D.K. dan Amilah, S. 2013. Effect of cherry leaf (*Muntingia calabura* L.) bioinsecticides extract towards mortality of worm soil (*Agrotis ipsilon*) and armyworm (*Spodoptera exiqua*) on plant leek (*Allium fistulosum*). *Wahana* 61(2):51-57.
- Bogiorno, Patrick, M.F., Pina L. 2008. Potential Health Benefit of Garlic (*Allium Sativum*): Anarrative Review. *J. Comp Integr Med.* 5 (1): 1553-3840.
- Budi, F.S., Hariyadi, P., Budijanto, S. dan Syah, D. 2013. Teknologi Proses Ekstrusi untuk Membuat Beras Analog. *Pangan.* 22(3): 263-274.
- Budijanto, S. dan Muaris, H.J. 2013. 40 *Resep Kreatif Olahan Beras Analog Pangan Alternatif Mirip Beras dari Non-padi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. https://gramediana.s3.amazonaws.com/uploads/preview_books/1962/preview_7c5a92288c7d9b769d93c7f643a463cc23b935b_preview_1962_44beee8bdf9765349e64e1cafa8185b8f089dbb.pdf
- Budijanto S., dan Yuliyanti. Studi Persiapan Tepung Sorgum (*Sorgum bicolor* L. Moench) dan Aplikasinya Pada Pembuatan Beras Analog. 2012. *Jurnal Teknologi Pertanian* 13(3): 177-186.
- Buleon, A., Colonna, P., Planchot, V., Ball, S. 1998. Starch Granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules* 23,85 – 112
- Camire M. E. 2000. Chemical and Nutritional Changes in Food During Extrusion. *Extruders in Food Applications*, 127-147.
- Chaidir, A., 2007, *Kajian Rumput Laut Sebagai Sumber Serat Alternatif untuk Minuman Berserat*, Tesis, Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Chessari, C.J. dan Sallahewa, J.N. 2001. Effective Process Control. Di dalam Guy, R. *Ekstrusion Cooking*, pp.82-107. Woodhead Publishing. CFRC Press New York USA.
- Chinnaswamy, R. 1993. Basis of cereal starch expansion. *Carbohydrate Polymers*, 21(2-3), 157-167

- Cita Auli Nisa, Linda, R. 2010. Pengaruh Ekstrak Etanol Bawang Merah (*Allium cepa*) Terhadap Kadar Kolesterol Total Tikus (*Rattus norvergicus*). *Mutiara Medika*. Vol. 10. No. 1:07-15.
- Cox, J.P. dan Cox, J.M. 1993. *Cohesive Vegetable Product and Process for Manufacture*. US Patent. 5252351.
- Damat, D., A. Tain, H. Handjani, U. Chasanah dan. D.N. Putri. 2017. *Teknologi Pati Termodifikasi dan Manfaatnya bagi Kesehatan*. UMM Press.
- Damat, D., R. Anggriani, R.H. Setyobudi, P. Soni. 2019. Dietary fiber and antioxidant activity of gluten-free cookies with coffee cherry flour addition. *Coffee Science*. Vol 14, No 4 (2019): 493-500.
- Damat, D., A. Tain, H. Handjani, U. Chasanah and D. D. Siskawardani. 2019. Functional cake characteristics of modified arrowroot starch (MAS) with the gelatinization-retrograde method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 532 (2019) 012017. doi:10.1088/1757-899X/532/1/012017
- Damat, D., R.H. Setyobudi., P. Soni, A. Tain, H. Handjani and. U. Chasanah. 2020. Modified arrowroot starch and hlucomannan for preserving physicochemical properties of sweet bread. *Ciência e Agrotecnologia*, 44:e014820, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202044014820>
- Dewi, S.K. 2008. Pembuatan Produk Nasi Instan Berbasis Fermented Cassava Flour Sebagai Bahan Pangan Alternatif. Skripsi. Fakultas Pertanian Bogor. IPB
- Ding, Q-B et al. 2005. The Effect of Extrusion Condition on the Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Rice-Based Expanded Snacks. *J. Food Engineering*.66: 283 – 289.
- Diniyah N., Amelia P., Ahmad N., dan Achmad S.. 2016. Karakteristik Beras Analog Menggunakan Hot Extruder Twin Screw. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian Volume 13 No.1*: 36 - 42
- Djaafar, T.F dan S. Rahayu. 2006. *Teknologi Pemanfaatan Umbi Garut, Pangan Sumber Karbohidrat*. Yogyakarta: Badan Ketahanan Pangan Bekerjasama dengan Pusat Kajian Makanan Tradisional Universitas Gajah Mada.

- Djaafar, Titiek F. 2010. *Pengembangan Budidaya Tanaman Garut dan Teknologi Pengolahannya untuk Mendukung Ketahanan Pangan*. Yogyakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta
- Dupart, P. dan Huber, G.R. 2003. *Low Shear Extrusion Process Formanufacture of Quick Cooking Rice*. US Patent, 9178774.
- EL-Demerdash, F.M., Yousef, El-Naga Nia. 2005. Biochemical Study on the Hypoglycemic Effects on Onion and Garlic in Alloxan-induced Diabetic Rats. *Food Chem Toxicol.* 43: 57-63.
- Esimone, C.O., Iroha, I.R., Ibezim, E.C., Okeh, C.O and Okpana, E.M. 2006. Invitro evaluation of the interaction between tea extracts and penicillin G against *Staphylococcus aureus*. *African J. Biotechnol* 5(11):1082-1086
- Estiasih, T., Ahmadi, K. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: PT Bumi Aksara
- Faridah, D. Dedi, F. Nuri, A dan Titi C.S. 2014. Karakteristik Sifat Fisikokimia Pati Garut (*Maranta arundinaceae* L.). *Gritech*. Vol. 34. No. 1.
- Faridah DN, Kusnandar F, Herawati D, Kusumaningrum HD, Wulandari N, dan Indrasti D. 2008. *Penuntun Praktikum Analisis Pangan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB.
- Farika I.N., C. Anam dan E. Widowati. 2013. Pengaruh jenis dan konsentrasi bahan penstabil alami terhadap karakteristik fisikokimia sari buah naga merah (*Hylocereus polyprhizus*) selama penyimpanan. *Jurnal Teknosains Pangan*. Vol 2(1) hal.30-38.
- Faubion, J. M., Hosene, R. C. 1982. High Temperature Short Time Extrusion Cooking of Wheat and Flour. *J. Cereal Chem.* 59 (6): 329-333.
- Fauziyah A., Sri Anna Marliyati, Lilik Kustiyah. Substitusi Tepung Kacang Merah Meningkatkan Kandungan Gizi, Serat Pangan, dan Kapasitas Antioksidan Beras Analog Sorgum 2017. *J. Gizi Pangan*, 12(2):147-152
- Fornal, L., Soral-Smietana, M. dan Szpenelowski, J. 1987. Chemical Characteristics and Physicochemical Properties of The Extruded Mixtures of Cereal Starches. *Starch/Stärke*. Vol.39. No.2. pp.75-78. ISSN 0038-9056.

- Frame, N. D. 1994. *The Technology of Extrusion Cooking*. Springer Publisher
- Francavilla, M., Franchi, M., Monteleone, M., & Caroppo, C. 2013. The red seaweed *Gracilaria gracilis* as a multi products source. *Journal of Marine Drugs*, 11, 3754–3776
- Gestarini, C., Aritonang, E.Y., Siagian, A. 2014. Daya Terima Beras Analog Dari Tepung Ubi Kayu sebagai Pangan Pokok di Desa Tanjung Beringin Kecamatan Sumbul Kabupaten Dairi Tahun 2014.
- Guillon, F., Barry, J. L. dan Thibault, J. F. 1992. Effect of Autoclaving Sugar-Beet Fibre on Its Physicochemical Properties and It's In Vitro Degradation by Human Faecal Bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol.60. No.1. September 1992. pp.69-79. ISSN 1097-0010.
- Guy, R. 2001. *Extrusion Cooking: Technologies and Applications*. Woodhead Publishing. Cambridge United Kingdom.
- Handayani Noer A., Heri Cahyono, Wiwit Arum, Indro Sumantri, Purwanto, Danny Soetrisantanto. Kajian Karakteristik Beras Analog Berbahan Dasar Tepung dan Pati Ubi Ungu (*Ipomea batatas*). 2017. *J. Aplikasi Tek. Pangan*, 6(1):23-30
- Hariyanto B, Purwa T. C., Agus T. P., Sri B. W., dan Y Marsono. 2017. *Penggunaan Beras Sagu Untuk Penderita Pradiabetes*.
- Harper JM. 1981. *Extrusion of Foods*, vol I dan II. Florida: CRC Press, Inc
- Haryadi. 2006. *Teknologi Pengolahan Beras*. UGM Press. Yogyakarta
- Hendri, M., Rozirwan, & Apri, R. 2017. Optimization of cultivated seaweed land *Gracilaria* sp. using vertikultur system. *Internatioanl Journal of Marine Science*, 7(43), 411–422.
- Herawati, H., dan Widowati, S. 2009. Karakteristik Beras Mutiara dari Ubi Jalar (*Ipomea Batatas*). *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 5.
- Herbarium Medenense, 2012, Identifikasi Tumbuhan, Herbarium Medenense Sumatera Utara, Medan
- Huber. 2002. Snack Food from Cooking Extruders. Di dalam *Snack Food Processing*, Editor: Lusas, EW dan Rooney, LW. CRC Press: Boca Raton, Florida.

- Huang, DP dan Rooney LW. 2002. Starches for Snack Foods. Di dalam: Snack Food Processing, Editor: Lusas,EW dan Rooney, LW. CRC Press: Boca Raton, Florida.
- Ilo, S., Liu, Y. dan Berghofer, E. 1999. Extrusion Cooking of Rice Flour and Amaranth Blends. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. Vol.32. No.2. March 1999. pp.79-88. ISSN 0023- 6438.
- Jayaprakasha, G.K. Jaganmohan, Sakariah, K.K. 2005. Chemistry and Biological Activities of C. Longa. *Trends in Food Science and Technology* 16:533-548.
- Jeong M.R., Pyeong B.P., Dae-Hyuk. 2009. Essential Oil Prepared from Cymbopogon citratus exerted an Antimicrobial Activity Against Plant Pathogenic and Medical Microorganism. *Mycrobiology*.37(1): 48-52.
- Jusuf, Nelva Karmila, 2012, Pengaruh Ekstrak Bunga Brokoli (*Brassica oleracea* L. Var *Italica* Plendeck), Disertasi, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara
- Kharisma, T. 2015. *Formulasi Beras Analog dan Studi Efek Hipokolesterolemiknya Secara In Vivo* (Tesis). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kılınç, B., Cirik, S., dan Turan, G. 2013. Seaweeds for food and industrial applications. *Journal Food Industry*, 735–748.
- Komarawidjaja, W., dan Kurniawan, D. A. (2008). Tingkat filtrasi rumput laut (*Gracilaria* sp.) terhadap kandungan ortofosfat (P_2O_5). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 9(2), 180–183.
- Kristanto, D. 2003. *Buah Naga: Pembudidayaan di Pot dan di Kebun*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Kristanto, D. 2008. *Buah Naga Pembudidayaan Di Pot dan Di Kebun*. Surabaya: Penebar Swadaya
- Kurniawati M, Budijanto S, Yuliana ND. Karakterisasi dan indeks glikemik beras analog berbahan dasar tepung jagung. 2016. *J Gizi Pangan* 11(3):169-174
- Larrea, M. A, Chang, Y. K. dan Bustos, F. M. 2005. Effect of Some Operational Extrusion Parameters on The Constituents of Orange

- Pulp. Food Chemistry. Vol.89. No.2. February 2005. pp.301-308. ISSN 0308-8146
- Legowo, A.M.2004. *Analisis Pangan*.Semarang: universitas Diponegoro
- Lehmann, U., Rossler, C., Schmiedl, D. dan Jacobash, G. 2003. Production and Physico-Chemical Characterization of Resistant Starch Type 3 Derived from Pea. *Starch/Nahrung/Food* 43: 60-63.
- Lumba, R., Mamuja, C.F., Djarkasi, S.S., dan Sumual, M.F. 2012. *Kajian Pembuatan Beras Analog Berbasis Tepung Umbi Daluga (Cyrtosperma Merkusii (Hassk) Schott)*. Jurnal Jurusan Teknologi Pertanian Univeristas Sam Ratulangi.
- Mariati. 2001. *Karakterisasi Sifat Fisikokimia Pati dan Tepung Garut (Marantha arundinacea L.) dari Beberapa Varietas Lokal*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Mardiana, L ,2013, *Daun Ajaib Tumpas Penyakit*, Penebar Swadaya, Jakarta
- Martianto D, Briawan D, Ariani M, dan Yulianis M. 2009. Percepatan Diversifikasi Konsumsi Pangan Berbasis Pangan Lokal: Perspektif Pejabat Daerah dan Strategi Pencapaiannya. *Jurnal Gizi dan Pangan*, Vol. 4 No. 3 :123-131
- Mien, M, 2009, *Tabel Komposisi Pangan Indonesia*, PT. Elex Media Indonesia, Jakarta
- Mishra, A., Mishra, H. N., Rao, P. S. 2012. Preparation of Rice Analogues Using Extrusion Technology. *International Journal of Food Science and Technology*
- Mitchell, JR dan Areas, JAG. 1992. Structural Changes in Biopolymer During Extrusion. Di dalam: Food Extrusion Science and Technology, Editor: Kokini, JL et al. Marcel Dekker, Inc: United States of America.
- Muslikatin. 2012. *Pengembangan Beras Ekstruksi (Extruder Rice) Kaya Serat dengan Penambahan Rumput Laut (Euchema cottoni)*. IPB:Bogor.
- Naraya S dan Moorthy SN. 2002. Physicochemical and Functional Properties of Tropical Tuber Starches: A Review. *J Starch* 54: 559-592.

- Novisari, S., Kusnandar, F., Butjianto. 2013. Pengembangan Beras Analog Dengan Memanfaatkan Jagung Putih. *Journal Tek. Dan Industri Pangan*. Vol. 24 No. 2 hal 194-200. IPB Bogor
- Noviasari S., Feri Kusnandar dan Slamet Budijanto. Pengembangan Beras Analog dengan Memanfaatkan Jagung Putih. 2013. *J. Tek dan Industri Pangan*, 24(2): 194-200
- Noviasari S., Suba Santika W., Slamet B. Analogue Rice as The Vehicle of Public Nutrition Diversity. 2017. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 13(1) 19-27
- Ojiako, E.N. 2014. Phytochemical analysis and antimicrobial screening of Moringa oleifera leaves extract. *The International Journal Of Emgineering and Science* 3(3): 32-25.
- Oktaviani, E.P., Purwijantiningsih, L. E., dan Pranat, F.S. 2011. Kualitas dan Aktifitas Antioksidan Minuman Probiotik dengan Variasi Esktrak Buah Naga Merah (*Hylotreceus polyrhizus*). *Jurnal Teknobiologi*, 1-15
- Othman, M. N. A., Hassan, R., Harith, M. N., & Sah, A. S. R. M. (2015). Red seaweed gracilaria arcuata in cage culture area of Lawas, Sarawak. *Borneo Journal of Resourch and Technolgy*, 5(2), 53–61.
- Princestasari, L. D., & Amalia, L. 2015. Formulasi rumput laut Gracilaria sp. dalam pembuatan bakso daging sapi tinggi serat dan iodium. *Jurnal Gizi Pangan*, 10(3), 185–196.
- PoskotaNews. "9,1 juta penduduk indonesia menderita diabetes", 2017. Senin, 27 Februari 2017 — 7:12 WIB
- Rahayu,W.P. 2010. *Penuntun Praktikum Organoleptik*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB: Bogor.
- Rajanandh MG, Satidhkumar MN, Elango K, dkk., 2012, Moringa oleifera Lam. A Herbal Medicine for Hyperlipidemia: A Preclinical Report. *Asian Pasific Journal of Tropical Disease*, pp. 790-795,
- Rasyid, M. I. 2015. Studi Karakteristik Beras Analog Fungsional yang Diperkaya dengan Rempah-Rempah. Tesis. Pasca Sarjana IPB:Bogor.
- Rasyid, Maya I., Nancy Dewi Y., Slamet Budijanto. Karakteristik Sensori

- dan Fisiko-Kimia Beras Analog Sorghum dengan Penambahan Rempah Campuran. 2016. *Jurnal Agritech* 36(4): 394-403
- Ravindra, P.N., K Nirmal Babu, K.N. 2007 *The Golden Spice of Life. In Turmeric the Genus Curcuma*.CRC Press LLC.Boca Raton.
- Riaz, N.M. 2000. *Extruders in Food Applications*. Boca Raton. United State of America: CRC Press.
- Rodriguez- Amaya, D. B., E.B. Rodriquez dan J-Amaya-Farfan. 2006. *Advances in Food Carotenoid Research: Chemical and Technological Aspects, Implications in Human Health*. *Mal J Nutr*. 12(1): 101-121
- Roolof, A., H. Weisgerber, U. Lang, B Stimm. 2009, *Moringa Oleifera* LAM, Weinheim :WILEY-VCH Verlag GmbH and C. KgaA
- Sahu, N., dan Sahoo, D., 2013 Study of Morphology and Agar Contents in Some Important Gracilaria Species of Indian Coasts, *American Journal of Plant Sciences*, 4,52
- Sajilata, M.G., R.S. Singhal, and P.R. Kulkarni. 2006. Resistant Starch-A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5:1-17
- Sally, S.M., Ewansiha, J.U., Anna, H.L., and Ajunwa, M.O. 2014. Harvesting time and temperature relationship with antimicrobial activity of *Moringa oleifera* Lam (dum stick). *Peak Journal of Medicine Plant Research* 2(3):33-37
- Sari, Ayu Nirmala. 2016. Berbagai Tanaman Rempah Sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Journal of Islamic Science and Technology*. Vol. 2. No. 2.
- Sari, R.K. 2014. Analisis Impor Beras di Indonesia. *Economic Development Analysis Journal*. 3(2).
- Setyaningsih S., Katrin Roosita, Evy damayanthi. Efek Produk Galohgor terhadap Aktivitas Antioksidan dan Penurunan Stres Oksidatif pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2. 2017. *Jurnal MKML*, 13(4).
- Shu, X., Jia, L., Gao, J., Sing, Y., Zhao, H., Nakamura, Y. dan Wu, D. 2007. *The Influence of Chain Length of Amilopectin on Resistant Starch in Rice (Oryza sativa L.)*. *Starch/Starke* 59: 504-509.

- Srihari E, Lingganingrum FS, Alvina I, Anastasia S. Rekayasa Beras Analog Berbahan Dasar Campuran Tepung Talas, Tepung Maizena dan Ubi Jalar. 2016. *J Tek Kim* 11(01); 14–19.
- Sudirman, T.A. 2014. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Salam (*Eugenia polyantha*) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* Secara In Vitro. Skripsi S1, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Sumardiono, S., Pudjihastuti, I., Poerwoprajitno, A.R., Suswadi, M.S. Physicochemical Properties of Analog Rice from Composite Flour: Cassava, Green Bean and Hanjeli. 2014. *World Applied Sciences Journal*, 32(6): 1140-1146.
- Sumardiono S., Isti P., dan Noer A. H. 2017. *Pengembangan Beras Buatan sebagai Pangan Alternatif Berbahan Baku Tepung Komposit Kaya Protein*. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia IX (SN-KPK IX)
- Suranto, A. 2004. *Khasiat dan Manfaat Tanaman Herbal*. Tangerang: Agromedia Pustaka.
- Susanti, Riki. 2017. *Pengaruh Penambahan Wortel terhadap Mutu Organoleptik dan Kadar β -Karoten Nugget Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)* (Karya Tulis Ilmiah). Jurusan Gizi. Politeknik Kesehatan Kemenkes Padang: Padang
- Teddy, M. S. 2009. Pembuatan nori secara tradisional dari rumput laut jenis *Glacilaria* sp. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Teruo, Y., Sagara T., Ojima T., Takahashi R dan Takahashi M. 2004. *A Process of Producing Enriched Artificial Rice*. <http://www.freepatentsonline.com/54003606.html>. Diakses pada 13 September 2018
- Thomson R, Wan-Nadiah W.A, Rajeev B. 2007. Antidiabetic and Hypolipiaemic Properties of Garlic (*Allium Sativum*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Int J Diabetes Metab*. 15: 108-115.
- Tilong, A.D., 2012, *Ternyata, Kelor Penakhluk Diabetes*, DIVA Press, Yogyakarta

- Toripah, S.S., Abijulu, J., dan Wehantouw, F. 2014. Aktivitas antioksidan dan kandungan total fenolik ekstrak daun Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.). *Jurnal Ilmiah Farmasi* 3(4):37-43.
- Valencia, G.; Izabel C. F. M., Rodrigo V. L., Ana M.Q. B, B., dan Paulo J. do A. S. 2014. Physicochemical Properties of Maranta (*Maranta arundinacea* L.) Starch. *International Journal of Food Properties*, 18:1990-2001
- Wang, W. M., Klopfenstein, C. F. dan Ponte, J. G. 1993. Effects of Twin-Screw Extrusion on The Physical Properties of Dietary Fiber and Other Components of Whole Wheat and Wheat Bran and on The Baking Quality of Wheat Bran. *Cereal Chemistry*. Vol.70. No.6. pp.707-711. ISSN 0009-0352
- Warisno dan Dahana, K. 2010. *Pintar Bertanam Buah Naga*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- WHO. Global Report on Diabetes. 2016. WHO Press. Geneva, Switzerland.
- Wibowo, S. 2009. *Budidaya Bawang*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Widara, S. S. dan Budijanto, S. 2012. *Study Of Rice Analogue Production From Various Carbohydrate Sources Using Hot Extrusion Technology*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institusi Pertanian Bogor.
- Widowati S, Suismono, Suarni, Sutrisno, dan Komalasari O. 2002. *Petunjuk Teknis Pembuatan Aneka Tepung dari Bahan Pangan Sumber Karbohidrat Lokal*. Balai Penelitian Pascapanen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Winarno, F. G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi Ed. Revisi*. Bogor: Mbrion Press.
- Wirakusuma E., S, 2005, *Jus Buah dan Sayuran (Cetakan 3)*, Penebar Plus, Jakarta.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

GLOSARIUM

A

- Amilosa : Molekul linier yang terdiri dari atas 99% ikatan α -(1-4)-D-glikosidik dan 1% ikatan α -(1-6)-D-glikosidik.
- Amilopektin : Molekul bercabang yang selain terdiri dari atas ikatan α -(1-4)-D-glikosidik dan ikatan α -(1-6)-D-glikosidik terdapat juga percabangan melalui ikatan α -(1-6)-D-glikosidik.
- Antioksidan : Molekul yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi molekul lain.

D

- Dietary fiber : Polisakarida yang tidak dapat dicerna dan diserap oleh usus halus manusia.

E

- Ekstrusi : Operasi pembentukan adonan dengan memberikan tekanan melalui restriksi atau cetakan.

G

- Gelatinisasi : Fenomena pembentukan gel yang diawali dengan pembengkakan granula pati akibat penyerapan air.

I

Indeks glikemik : Angka yang menunjukkan potensi peningkatan gula darah dari karbohidrat yang tersedia pada suatu pangan.

K

Karotenoid : Senyawa kimia yang memberi warna alami merah, kuning atau jingga pada buah dan sayuran.

Klorofil : Senyawa kimia yang memberi warna hijau pada buah dan sayuran.

Kurkumin : Senyawa berwarna kuning yang ditemukan dalam rimpang kunyit.

P

Pangan fungsional : Makanan dan bahan pangan yang dapat memberikan manfaat tambahan di samping fungsi gizi dasar pangan tersebut dalam suatu kelompok masyarakat tertentu.

R

Retrogadasi : Proses kristalisasi kembali dalam pembentukan matrik pati yang telah mengalami gelatinisasi akibat pengaruh suhu.

Amilosa, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 45, 51
Amilopektin, 5, 6, 8, 9, 15, 45, 51
Antioksidan, 2, 3, 12, 17, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 36, 41, 42, 45,
53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61
Dietary fiber, 3, 71
Ekstrusi, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 33, 36, 37, 54, 56
Gelatinisasi, 5, 6, 13, 14, 15, 33, 36, 37, 45, 51, 54, 56
Indeks glikemik, 2, 6, 27
Karotenoid, 23, 26, 31, 54, 55, 56, 59
Klorofil, 46, 53, 55, 57, 59
Kurkumin, 28, 58
Pangan fungsional, 2, 6, 12, 49
Retrogadasi, 8, 9, 16

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

TENTANG PENULIS



Dr. Ir. Damat, MP., adalah dosen Kopertis Wilayah VII dpk pada Universitas Muhammdiyah Malang, sejak akhir tahun 1989. Yang bersangkutan lahir di Malang pada tahun 1964. Yang bersangkutan menyelesaikan Pendidikan S1 dari Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FATETA IPB Tahun 1989. Lulus S2 Tahun 1996 dari Program Studi Teknologi Hasil Perkebunan, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM Yogyakarta. Lulus S3 Tahun 2009 dari Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM Yogyakarta.

Beberapa buku yang telah dihasilkan antara lain: *Teknologi Pati Termodifikasi dan Manfaatnya bagi Kesehatan* (2017) UMM Press, Seri buku *Teknologi Tepat Guna dengan Judul Teknik Pembuatan Roti Manis Fungsional*. Selain itu, penulis selama ini juga aktif menulis diberbagai jurnal, baik jurnal nasional maupun jurnal internasional. Link Google scholar penulis,

<https://scholar.google.co.id/citations?user=xMJHC4YAAAAJ&hl=id>



Dr. Ir. Anas Tain, MM., dilahirkan pada tanggal 21 Pebruari 1966 di Kediri. Menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri Purwodadi Kras Kediri tahun 1979, SMP Negeri Kras Kediri tahun 1982 dan SMA Negeri 1 Kediri pada tahun 1985. Setelah menamatkan pendidikan sarjana di Fakultas Pertanian Universitas Jember tahun 1989 dengan status penerima Tunjangan Ikatan Dinas dari Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, pada tahun 1991 diangkat sebagai staf pengajar di Kopertis Wilayah VII dpk Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Malang (sampai sekarang). Penulis menyelesaikan pendidikan lanjutan strata-2 tahun 1998 di Universitas Muhammadiyah Malang dan strata-3 tahun 2010 di Universitas Padjadjaran Bandung. Sesuai dengan disiplin ilmu yang dipelajarinya, penulis menaruh perhatian pada kehidupan sosial ekonomi masyarakat, utamanya pemanfaatan sumberdaya lokal untuk kesejahteraan masyarakat.



Sri Winarsih, S.TP., MP., penulis dilahirkan di Madiun tanggal 26 Januari 1981. Penulis menempuh pendidikan Sarjana Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian di Universitas Muhammadiyah Malang lulus pada tahun 2005. Penulis menempuh pendidikan Magister pada tahun 2011 di Universitas Brawijaya dengan beasiswa Unggulan dari Kemendikbud-Dikti sembari bekerja sebagai instruktur di laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan dan lulus pada tahun 2013.

Pada tahun 2016 penulis diangkat sebagai staff pengajar di Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang sampai sekarang. Selama menjadi staff pengajar di prodi penulis aktif membuat *modul GMP & SSOP di Industri Rumah Tangga*, *modul praktikum Pengolahan Pangan II*, keduanya telah mendapatkan HKI, buku yang diterbitkan oleh UMM Press pada tahun 2019 berjudul *Pigmen Sebagai Zat Pewarna dan Antioksidan Alami*

Identifikasi Pigmen Bunga, Pembuatan Produknya serta Penggunaannya. Selain itu penulis juga aktif menulis artikel ilmiah yang dipublish di jurnal nasional maupun internasional. Link google scholar penulis, <https://scholar.google.co.id/citations?user=Rp1S1fYAAAAJ&hl=id>



Devi Dwi Siskawardani, S.TP., M.Sc., penulis dilahirkan di Kota Batu, pada 16 Desember 1989. Pendidikan Sarjana telah diselesaikan pada 2008-2012 di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Brawijaya dengan beasiswa BBA DIKTI. Program Master degree ditempuh pada 2013-2015 di Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkhla University Thailand, dengan *full scholarship* dari university.

Penulis berkarir di bidang pendidikan sebagai staf pengajar di Program Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian-Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) pada tahun 2016 hingga sekarang. Selama proses pengabdian di UMM, beberapa patent telah tercipta terkait teknologi pengolahan pangan, serta beberapa karya telah terpublish di jurnal dan prosiding yang terindeks di nasional dan internasional. Guna mengembangkan ketrampilan dalam komunikasi ilmiah, penulis juga mengikuti forum ilmiah dan mendapatkan penghargaan sebagai *best oral presenter* di beberapa *International Conference*.

Link Google scholar penulis: <https://scholar.google.co.id/citations?user=EgtKbF8AAAAJ&hl=en>



Ayu Rastikasari, S.TP., penulis dilahirkan di Malang, pada tanggal 23 September 1996. Anak ke dua dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah di SMA Negeri 1 Malang pada tahun 2014. Gelar Sarjana Teknologi Pertanian diperoleh di Universitas Muhammadiyah Malang pada tahun 2018. Penulis menyelesaikan studi dengan mengerjakan proyek

mengenai beras analog. Saat ini penulis bekerja sebagai staf laboran di Laboratorium Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Malang. Selama bekerja di UMM, penulis juga pernah menghasilkan buku Pedoman Praktikum Teknologi Lipida.

Buku ini terdiri atas 5 Bab. Di dalam buku ini dibahas tentang tren konsumsi beras di Indonesia, tentang penyakit degenerative seperti diabetes mellitus dan pentingnya konsumsi pangan fungsional. Di dalam buku ini juga dibahas tentang beras analog fungsional, bahan baku utama beras analog fungsional dan bahan baku tambahan yang kaya antioksidan, dan serat, seperti rumput laut, juga beragam buah-buahan seperti buah naga dan buah nanas serta sumber senyawa fungsional lainnya seperti daun kelor. Selain itu, di dalam buku ini juga tentang bagaimana proses pembuatan beras analog fungsional dan peralatan yang diperlukan untuk memproduksi beras analog fungsional. Pada bagian akhir dari buku ini juga dibahas tentang sifat fisiko-kimia beras analog.



Kritik dan saran mengenai buku ini via email: ummpress@gmail.com

Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang

TEKNOLOGI PROSES PEMBUATAN BERAS ANALOG FUNGSIONAL

ORIGINALITY REPORT

13%	12%	1%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet Source	4%
2	www.kompasko.com Internet Source	2%
3	anakuntad.com Internet Source	2%
4	repository.ipb.ac.id Internet Source	2%
5	Agusman Agusman, Siti Nurbaity Kartika Apriani, Murdinah Murdinah. "Penggunaan Tepung Rumput Laut Eucheuma cottonii pada Pembuatan Beras Analog dari Tepung Modified Cassava Flour (MOCAF)", Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 2014 Publication	1%
6	digilib.unila.ac.id Internet Source	1%
7	repository.radenintan.ac.id Internet Source	1%
8	media.neliti.com Internet Source	1%

TEKNOLOGI PROSES PEMBUATAN BERAS ANALOG FUNGSIONAL

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27
PAGE 28
PAGE 29
PAGE 30
PAGE 31
PAGE 32
PAGE 33
PAGE 34
PAGE 35
PAGE 36
PAGE 37
PAGE 38
PAGE 39
PAGE 40
PAGE 41
PAGE 42
PAGE 43
PAGE 44
PAGE 45
PAGE 46
PAGE 47
PAGE 48
PAGE 49
PAGE 50
PAGE 51
PAGE 52
PAGE 53
PAGE 54
PAGE 55
PAGE 56
PAGE 57
PAGE 58
PAGE 59

PAGE 60
PAGE 61
PAGE 62
PAGE 63
PAGE 64
PAGE 65
PAGE 66
PAGE 67
PAGE 68
PAGE 69
PAGE 70
PAGE 71
PAGE 72
PAGE 73
PAGE 74
PAGE 75
PAGE 76
PAGE 77
PAGE 78
PAGE 79
PAGE 80
PAGE 81
PAGE 82
PAGE 83
PAGE 84
PAGE 85
PAGE 86
PAGE 87
PAGE 88
PAGE 89
PAGE 90
PAGE 91

